

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA:
INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO MECÁNICO

TEMA:
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE FRENO HIDRÁULICO
PARA EL BANCO DE PRUEBAS DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN
INTERNA DE 1400 CC DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.

AUTORES:
COLOMA TORRES CHRISTOPHER PATRICIO
REYES CEVALLOS HUMBERTO JOSÉ

TUTOR:
LUIS ANÍBAL ANDRANGO ANDRANGO

Quito, septiembre del 2021

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros Christopher Patricio Coloma Torres y Humberto José Reyes Cevallos, con documento de identificación N° 1722340104 y N° 1715656243, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: Diseño y construcción del sistema de freno hidráulico para el banco de pruebas del motor de combustión interna de 1400cc de la Universidad Politécnica Salesiana, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Fecha: Quito, septiembre del 2021



Nombre: Christopher Patricio Coloma
Torres

Cédula: 1722340104



Nombre: Humberto José Reyes
Cevallos

Cédula: 1715656243

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación Diseño y construcción del sistema de freno hidráulico para el banco de pruebas del motor de combustión interna de 1400 cc de la Universidad Politécnica Salesiana realizado por Christopher Patricio Coloma Torres y Humberto José Reyes Cevallos obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerado como trabajo final de titulación.

Fecha: Quito, septiembre del 2021



.....
Luis Aníbal Andrango Andrango

C.C. 1704400553

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo con todo mi corazón a mis padres, Patricio y Gloria, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad. Todos mis logros se los debo a ustedes entre los que incluye este, su bendición diaria a lo largo de mi vida me protege y me motiva para superarme cada día más.

A mis hermanos Sayra y Patricio por su apoyo incondicional y sus consejos que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida, con lo cual me han permitido cumplir este objetivo.

Christopher Patricio Coloma Torres

Dedico el presente trabajo de titulación a San Juan Bosco, patrono de los jóvenes, quien inspiró mi espíritu para la conclusión de la carrera de ingeniería mecánica.

A mi padre Julio, a mi madre Inés y a mi hermana Julia, quienes me dieron vida, educación, apoyo y consejos que con su ayuda me han permitido cumplir esta meta profesional.

A mis maestros quienes nunca desistieron al enseñarme y continuaron depositando su esperanza en mí.

Para todos ellos extendiendo esta dedicatoria, pues son quienes me han ofrecido su apoyo incondicionalmente.

Humberto José Reyes Cevallos

AGRADECIMIENTOS

Principalmente agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito esta etapa. A mis padres, quienes son mi motor y mi mayor inspiración; no tengo palabras suficientes para agradecerles las incontables veces que me brindaron su apoyo en todas las decisiones que he tomado a lo largo de mi vida.

A mis hermanos por llenar mi vida de alegría, por todo el apoyo y los consejos brindados.

Agradezco a mi director de tesis Ing. Luis Aníbal Andrango Andrango, quien con su experiencia, conocimiento y motivación me guio para concluir el presente trabajo.

Christopher Patricio Coloma Torres

Quiero utilizar este espacio para agradecer al director de este trabajo de titulación, Ing. Luis Aníbal Andrango Andrango, por la dedicación y apoyo que ha brindado durante todo el proceso.

A mis padres que han sabido darme su ejemplo de trabajo y honradez, por todo su amor, comprensión y apoyo; pero sobre todo gracias infinitas por la paciencia que me han tenido y por darme la libertad para desenvolverme como ser humano.

Finalmente, quiero agradecer a la Universidad Politécnica Salesiana por brindarme la oportunidad y experiencia de conocer a Don Bosco.

Humberto José Reyes Cevallos

ÍNDICE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	I
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR.....	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT.....	XIII
INTRODUCCIÓN	XIV
ANTECEDENTES.....	1
PROBLEMA DE ESTUDIO	1
JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	1
OBJETIVO GENERAL	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
CAPÍTULO I.....	3
MARCO TEÓRICO	3
1.1 Introducción	3
1.2 Banco de pruebas	3
1.2.1 Banco de Pruebas para Motores de Combustión Interna	3
1.2.2 Componentes del Banco de Pruebas de Motor de Combustión Interna.	3
1.3 Freno dinamométrico	4
1.3.1 Tipos de Frenos Dinamométricos	4
1.3.2 Mecanismo de frenado	14
1.4 Elementos de medición de frenado.....	16
1.4.1 Celda de carga.....	16
1.4.2 Módulo HX711 transmisor de celda de carga.....	22
1.4.3 Arduino	22
1.4.4 Placa perforada baquelita CPL-101	23
1.4.5 Display LCD 2004.....	23
1.4.6 Mini pulsador SPST	24
1.4.7 Sensor de efecto hall	24

1.4.8 Circuitos de medida.....	25
1.4.9 Transductores de fuerza	26
1.4.10 Cómo realizar medidas con transductores de presión	26
1.4.11 Curvas características	26
CAPITULO II	30
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE FRENO HIDRÁULICO.....	30
2.1 Introducción	30
2.2 Análisis y diseño de la estructura	32
2.2.1 Distribución de pesos de los elementos que va a soportar la estructura del sistema de freno.....	33
2.2.2 Análisis de cargas de la estructura	33
2.3 Análisis y diseño del eje de transmisión.....	36
2.3.1 Análisis.....	38
2.3.2 Análisis a Fatiga del Eje.....	41
2.3.3 Selección de la Chumacera	43
2.3.4 Análisis Estático del Eje de Transmisión.....	43
2.4 Análisis y diseño del pedal de freno	44
2.4.1 Análisis de cargas del pedal de freno	45
2.5 Análisis y diseño de la chaveta	47
2.6 Refrigeración del disco de freno del sistema de freno hidráulico.....	49
2.7 Selección de sensores y equipos electrónicos.....	49
2.7.1 Sensor de efecto hall	49
2.7.2 Celda de carga	50
2.7.3 Módulo HX711	51
2.7.4 Placa arduino uno	52
2.7.5 Placa perforada baquelita cpl-101	52
2.7.6 Display LCD 2004	53
2.7.7 Pulsadores	53
2.8 Programación	56
2.8.1 Pedal de freno.....	56
2.8.2 Torque del motor.....	57
2.8.3 Potencia al freno.....	57
2.8.4 Presión Media Efectiva al Freno	57

CAPITULO III	59
PRUEBAS Y RESULTADOS.....	59
3.1 Introducción	59
3.2 Parámetros iniciales de funcionamiento del banco de pruebas	59
3.3 Tabulación de datos	59
3.4 Cálculo de torque	59
3.5 Cálculo de potencia al freno	61
3.6 Presión media efectiva al freno.....	63
CAPITULO IV	66
ANÁLISIS DE LOS COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS	66
4.1 Introducción	66
4.2 Costos directos	66
4.3 Costos indirectos.....	67
CONCLUSIONES	69
RECOMENDACIONES	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
ANEXOS	77
ANEXO 1	78
ACCESORIOS DE SISTEMA DE FRENADO.....	78
ANEXO 2	79
CATALOGO DE DISCO DE FRENO.....	79
ANEXO 3	79
TABLAS DE PROPIEDADES DE MATERIALES.....	79
ANEXO 4	82
CATÁLOGO DE CHUMACERAS SKF	82
ANEXO 5	83
IMÁGENES DE PROCESO DE CONSTRUCCIÓN.....	83
ANEXO 6	86
MANUAL DE OPERACIÓN.....	86
ANEXO 7	89
MANUAL DE OPERACIÓN DE DISPLAY	89

ANEXO 8	89
MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE FRENO HIDRAULICO	89
ANEXO 9	91
PRÁCTICAS DE LABORATORIO	91
ANEXO 10	98
ESQUEMA ELECTRÓNICO DEL PROYECTO.	98
ANEXO 11	98
PROGRAMACIÓN ARDUINO.....	98
ANEXO 12	103
FACTURAS.....	103
ANEXO 13	115
PLANOS.....	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Banco de pruebas de motor de combustión interna de la Universidad Politécnica Salesiana.[3]	4
Figura 2. Esquema del sistema de freno oleo hidráulico. [6].....	6
Figura 3. Depósito de líquido de frenos. [9]	6
Figura 4. Bomba maestra.[10]	7
Figura 5. Manguera o cañería de freno flexible. [11]	7
Figura 6. Pedal de freno. [15]	8
Figura 7. Freno dinamométrico (Prony), para medir la fuerza de motores. [17]	9
Figura 8. Esquema de un freno de banda. [18]	9
Figura 9. Diseño de freno de banda o prony. [18]	10
Figura 10. Esquema de las partes del freno de disco. [19].....	10
Figura 11. Freno de disco. [20]	11
Figura 12. Esquema de las partes del freno de tambor. [22].....	12
Figura 13. Freno de tambor. [20]	13
Figura 14. Fuerza en los frenos de disco.....	14
Figura 15. Ejemplo de estrés sobre la galga extensiométrica.[26].....	17
Figura 16. Diagrama de un puente de Wheatstone y su arreglo con galgas extensométricas sobre el cuerpo de la celda de carga. La galga R3 está ubicada diametralmente opuesta a la galga R4. [25]	18

Figura 17. Celda de Carga de compresión. [28]	19
Figura 18. Celda de Carga de compresión/tensión. [29].....	19
Figura 19. Celda de Carga de viga en s. [30]	20
Figura 20. Celda de Carga de viga flexible. [31]	20
Figura 21. Módulo HX711.[34]	22
Figura 22. Placa Arduino Uno.[37].....	23
Figura 23. Placa perforada baquelita CPL-101.[39]	23
Figura 24. Display LCD 2004.[40]	24
Figura 25. Mini Pulsador SPST.[42].....	24
Figura 26. Sensor de efecto hall.[44]	25
Figura 27. Representación efecto Hall. [45]	25
Figura 28. Galga extensiométrica fotoeléctrica. [46].....	25
Figura 29. Curva de potencia de un motor comercial. [49]	27
Figura 30. Curvas de potencia y par de un motor comercial. [50].....	28
Figura 31. Curva del consumo específico de combustible, par y potencia de un motor comercial. [50].....	29
Figura 32. Sistema de freno hidráulico del banco de pruebas de motor de combustión interna de la Universidad Politécnica Salesiana.....	30
Figura 33. Esquema de funcionamiento del sistema de freno hidráulico del banco de pruebas de motor de combustión interna de la Universidad Politécnica Salesiana. ..	32
Figura 34. Análisis estático tensión Von-Mises.	34
Figura 35. Análisis estático desplazamiento y deformación.....	35
Figura 36. Estudio de frecuencia.....	36
Figura 37. Eje diseñado para el banco de pruebas.	38
Figura 38. Disposición de chumaceras para análisis.	38
Figura 39. Dimensiones Estriado.	39
Figura 40. Diámetro posterior del eje.	40
Figura 41. Análisis de tensión Von-Mises del eje de transmisión con un torque de 113.7 N · m.	44
Figura 42. Análisis de desplazamiento del eje de transmisión con un torque de 113.7 N · m.	44
Figura 43. Diseño de palanca de freno.....	45
Figura 44. Análisis de carga en el pedal del freno.	46
Figura 45. Análisis de desplazamiento en el pedal del freno.....	46

Figura 46. Análisis de carga en la chaveta.....	48
Figura 47. Análisis de desplazamiento en la chaveta.....	49
Figura 48. Celda de carga.[59].....	51
Figura 49. Cajetín de LCD 2004 y pulsadores.....	54
Figura 50. Esquema de comunicación de componentes del sistema y el esquema electrónico se encuentra en el anexo 10.	55
Figura 51. Datos mostrados en display del proyecto.	55
Figura 52. Disposición de Freno.	56
Figura 53. Representación de análisis de Torque.	61
Figura 54. Representación de análisis de Potencia al Freno.	62
Figura 55. Datos obtenidos en el experimento de prueba del proyecto.	63
Figura 56. Representación de análisis de Potencia media efectiva al Freno.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Partes del motor del banco de pruebas	4
Tabla 2. Comparación de frenos dinamométricos eléctricos	5
Tabla 3. Cuadro comparativo de freno de disco y freno de tambor.....	13
Tabla 4. Celdas de carga tipos y características.....	21
Tabla 5. Partes del sistema de freno hidráulico	30
Tabla 6. Especificaciones técnicas del motor	31
Tabla 7. Peso de los elementos del sistema de frenos	33
Tabla 8. Propiedades del acero estructural ASTM A36.....	33
Tabla 9. Cargas actuantes sobre la estructura del sistema de freno hidráulico.	34
Tabla 10. Frecuencias actuantes en la estructura del sistema de freno hidráulico	35
Tabla 11. Resultados del estudio de frecuencias	36
Tabla 12. Propiedades del material AISI 1045.....	37
Tabla 13. Tabla de factores de seguridad: valores mínimos recomendados. Modificada de Faires.....	37
Tabla 14. Cuadro ponderativo de aceros analizados	42
Tabla 15. Cuadro ponderativo para selección de material del pedal de freno ...	45
Tabla 16. Propiedades del material AISI 1020.....	47
Tabla 17. Características del ventilador PROFANTEC P1189HBT.....	49
Tabla 18. Características de Sensor Efecto Hall	50

Tabla 19. Características de celda de carga.....	50
Tabla 20. Características de Módulo HX711.....	51
Tabla 21. Características de Placa Arduino Uno	52
Tabla 22. Características de Placa perforada baquelita cpl-101	52
Tabla 23. Características de Display LCD 2004.....	53
Tabla 24. Características de pulsadores.....	53
Tabla 25. Formato de datos.....	54
Tabla 26. Datos para el análisis de Torque.....	60
Tabla 27. Recopilación y análisis de datos para el Torque	60
Tabla 28. Datos para el análisis de Potencia al freno	61
Tabla 29. Compilación de datos y análisis para el cálculo de potencia al freno. 62	
Tabla 30. Datos para el análisis de presión media efectiva al freno	63
Tabla 31. Recopilación y análisis de datos para la presión media efectiva al freno.....	64
Tabla 32. Detalle costos directos	66
Tabla 33. Costo de asistencia técnica	67
Tabla 34. Resumen de Costos por categoría.....	68
Tabla 35. Detalle de los trabajos a realizar en cada elemento.	90

RESUMEN

Este proyecto se enfoca en el diseño y construcción de un sistema de freno hidráulico para el banco de pruebas del motor de combustión interna de 1400 cc de la Universidad Politécnica Salesiana; buscando mejorar el funcionamiento, rendimiento y obtención de datos de frenado en prácticas de laboratorio para la asignatura de Máquinas Térmicas, referente a motores de combustión interna.

Mediante investigación bibliográfica se fundamentó sobre principios de funcionamiento, factores que participan en el proceso de frenado, accesorios del sistema de freno: disco, calipper o mordaza, pastillas, bomba maestra de freno, araña de punta de eje y punta de eje. Se definió materiales para el diseño y construcción realizando análisis en el software SolidWorks. Así mismo, se evaluó opciones para: diseño, dimensionamiento mecánico y electrónico de control según especificaciones y normas, optando por aquellas que ofrecen ventaja en construcción, funcionamiento y costo de fabricación.

Se constató que el sistema hidráulico de freno consta de 2 partes: sistema mecánico de frenado y sistema electrónico y de control; estos operan juntos para obtener datos como velocidad y fuerza de frenado de forma instantánea. Datos procesados matemáticamente para alcanzar resultados: torque y potencia al freno. Se analizó y comparó dichos resultados, validando así, el funcionamiento y eficacia del sistema principal.

También se recopiló costos directos e indirectos en la construcción del proyecto para un análisis del lapso de recuperación de inversión. Se concluyó que el diseño y construcción del sistema de freno hidráulico es útil para el banco de pruebas del motor de combustión interna de 1400 cc para la carrera de Ingeniería Mecánica.

Palabras clave: accesorios, análisis, banco de pruebas, construcción, control, diseño, electrónico, freno, fuerza, motor, potencia, sistema, torque, velocidad.

ABSTRACT

The purpose of this project was to design and build a hydraulic brake system for the testing bench of the 1400 cc internal combustion engine of the “University Polytechnic Salesian”, to improve the operation, performance and obtaining of braking data in practices of laboratory for the subject of Thermal Machines referring to internal combustion engines.

Through bibliographic research it was based on: operating principles, factors that act in the braking process, accessories of the brake system: disc, calipper, pads, master brake pump, stub axle spider and stub axle. Materials for design and construction were defined by performing analysis in SolidWorks software. Options were evaluated for: design, mechanical and electronic control sizing according to specifications and standards, opting for options that offer advantage in construction, operation, and manufacturing cost.

It was found that the hydraulic brake system consists of 2 parts: Mechanical braking system and Electronic and control system. They work together to obtain data such as: speed and braking force instantly. Mathematically processed data to obtain results: torque and brake power. Results were analyzed and compared, thus validating the operation and effectiveness of the main system.

Direct and indirect costs were collected in the construction of the project for an analysis of the investment recovery period. It was concluded, the design and construction of the hydraulic brake system, it is useful for the 1400cc internal combustion engine test bench for Mechanical Engineering career.

Keywords: accessories, analysis, testing bench, construction, control, design, electronic, brake, force, motor, power, system, torque, speed.

INTRODUCCIÓN

El sistema de frenos es parte importante del vehículo, permite al operador disminuir la velocidad o detener el vehículo según sea necesario. Su principio de funcionamiento radica en absorber la energía cinética generada por el motor y transformarla en calor por causa de la fricción entre los accesorios del freno para disiparlo al ambiente.

Todos los motores de combustión interna se someten a una serie de controles de tiempo de vida útil y la carga con la que va a trabajar. Esto se repite hasta lograr una precisa calibración y cumplir con los estándares de calidad requeridos para su comercialización. Los controles principales de este proyecto de titulación están relacionados con la fuerza de frenado, el par motor o torque, la potencia al freno y la presión media efectiva al freno.

Bajo esta consideración, el proceso de investigación se organizó en los siguientes capítulos:

Capítulo uno, consolida la información bibliográfica necesaria para realizar el diseño del sistema de freno, así como evaluar la información adecuada y la ubicación idónea para la construcción del mismo.

Capítulo dos, en esta sección se desarrolla el diseño y construcción en el cual se despliegan los cálculos para el freno hidráulico y la selección de sus componentes mecánicos y electrónicos que permitan realiza la comprobación experimental de la automatización. De manera teórica, se realiza el diseño del sistema de freno hidráulico usando un software especializado, posteriormente consta el sistema de freno hidráulico, siguiendo paso a paso lo propuesto en el diseño.

Capítulo tres, se describen las pruebas y se realizan los análisis necesarios para validar que los resultados obtenidos sean precisos.

Capítulo cuatro, analiza los costos directos e indirectos.

A continuación del cuarto capítulo se plantean las conclusiones, recomendaciones y limitantes del proyecto; y finalmente se encuentran las referencias bibliográficas y anexos.

ANTECEDENTES

Para ejecutar el presente proyecto se tomó como base el banco de pruebas para un motor de combustión interna de 1400 cc, con la finalidad de analizar el funcionamiento de este tipo de motores y fortalecer los conocimientos en el ciclo de Otto, mismo que se presentó por los estudiantes Hidalgo Tupisa, J. y Quishpe Cusi, J. en febrero de 2011.

PROBLEMA DE ESTUDIO

En la Universidad Politécnica Salesiana existe actualmente un banco de pruebas para el motor de combustión interna de 1400 cc, que fue diseñado y construido en el 2010 y desde entonces se realizan prácticas de forma manual. Para su funcionamiento se debe colocar pesas para realizar los cálculos, hecho que afecta al desarrollo de las prácticas debido al tiempo que se emplea. Además, con el pasar de los años y el uso, sus partes se han deteriorado y esto impide su correcto funcionamiento; así mismo, el avance tecnológico en la última década ha originado que se vuelva obsoleto, limitando el aprendizaje y obligando a los estudiantes a buscar diversas tecnologías que ayuden a resolver los cálculos de manera más eficaz. Ante esta problemática, surge la necesidad del diseño y construcción del sistema de freno hidráulico para el banco, con el fin de mejorar la precisión y la rapidez en la toma de datos de torque, potencia y fuerza de frenado. Cabe indicar que además de automatizar la obtención de los datos de frenado, se consigue evitar el contacto humano prolongado para la prevención de accidentes.

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Las prácticas que se realizan en el banco de pruebas para un motor de combustión interna de 1.4 cc. en el laboratorio de máquinas térmicas de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana, consiste en frenar el tambor que es accionado por el motor de 1.4 cc. mediante el sistema de freno prony, el cual tiene un brazo sobre el que se monta un dinamómetro y una rueda (que tiene adosada una banda de alto rozamiento) para medir su potencia. El ajuste de la banda es versátil, siendo posible controlar el torque de carga aplicado al motor mediante el uso de pesas con diferentes masas hasta que el tambor se detenga por completo; esto se hace de forma manual y el tiempo que toma probar con cuál de los pesos se detiene el tambor es amplio. Dicho esto, el proyecto, basado en el diseño y construcción del sistema de freno hidráulico para el banco de pruebas del motor de combustión interna de 1400 cc

de la Universidad Politécnica Salesiana, es una alternativa eficiente para la realización de la práctica, pues busca obtener mayor exactitud en los datos medidos, para lo cual se implementa un sistema de frenos oleo hidráulico, lo que implica que al accionar el pedal para frenar el disco se obtienen los datos mediante un micro controlador, con el cual se logra reducir los tiempos muertos y el contacto directo de los estudiantes.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir un freno oleo hidráulico para mejorar el funcionamiento del banco de pruebas de un motor de 1.4 cc de cilindraje.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar la situación actual del banco de pruebas de un motor de combustión interna y la optimización del desempeño del freno hidráulico en el equipo.

Mejorar el rendimiento de frenado, verificando que todos sus parámetros de funcionamiento se encuentren dentro de los límites permisibles, de acuerdo con las especificaciones del banco de pruebas de un motor de combustión interna de 1400 cc.

Diseñar la estructura mecánica, el modelo de freno y los componentes que forman el sistema de freno hidráulico, bajo el criterio de operación del motor de combustión interna de 1400 cc.

Validar el funcionamiento y eficacia del sistema de freno hidráulico, mediante la información obtenida al realizar las pruebas pertinentes del equipo.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Introducción

En la siguiente sección se expondrán criterios teóricos referentes a un sistema de freno hidráulico, se describirán los conceptos fundamentales y el funcionamiento, con la intención de entender su importancia a desde una visión de ingeniería. Se mostrará la función del sistema de freno, así como sus componentes mecánicos y electrónicos de mayor importancia. Además, se expondrá el mecanismo de frenado que se origina durante la acción del freno.

1.2 Banco de pruebas

El banco de pruebas es un instrumento beneficioso para universidades, centros tecnológicos mecánicos y talleres particulares, ya que se enfoca en la prevención, localización e investigación de posibles problemas. Su función principal y más importante es determinar potencia y torque o par que dependen de la velocidad de giro del motor, que se analizan mediante gráficos como modelos numéricos [1].

1.2.1 Banco de Pruebas para Motores de Combustión Interna

Un banco de pruebas para motores de combustión interna es un equipo que se utiliza para realizar medidas de rendimiento a motores y comprobar su funcionamiento.

Para analizar el comportamiento de motores de combustión interna se han empleado distintas formas como ensamblar al motor a un soporte y ser anclado a un dinamómetro para medir ciertas fuerzas. Pero, el aumento en las velocidades de rotación promovió la invención de otros sistemas como los frenos de dínamo, que constaban por un dínamo cuya estructura podía oscilar libremente en torno al eje del motor manteniéndose en equilibrio por medio de pesos móviles a lo largo de un brazo que estaba regulado y graduado. La medición del par o torque de frenado se obtenía variando las resistencias electrónicas que formaban la carga eléctrica del dínamo [2].

1.2.2 Componentes del Banco de Pruebas de Motor de Combustión Interna

Cuenta con una cimentación capaz de absorber las vibraciones que se generan como consecuencia del movimiento del motor; por lo tanto, tiene su estructura armada adecuadamente para soportar el motor, instrumentos de control y los registro.



Figura 1. Banco de pruebas de motor de combustión interna de la Universidad Politécnica Salesiana.
[3]

Tabla 1. Partes del motor del banco de pruebas

Descripción y ubicación de partes del motor del banco de pruebas	
1. Nivel de combustible	2. Tacómetro
3. Temperatura de refrigerante	4. Presión de aceite
5. Voltímetro	6. Balanza de consumo másico
7. Tanque de combustible	8. Motor de combustión interna
9. Cisterna de escape	10. Scanner motor
11. Módulo de control electrónico	12. Reservorio de refrigerante
13. Sistema de refrigeración	14. Manómetro de aire
15. Acelerador	16. Pirómetro
17. Selector de °Ts	18. Dinamómetro
19. Sistema de freno de cinta	20. Pesas

Mención de partes del banco de pruebas de la Universidad Politécnica Salesiana. [3]

1.3 Freno dinamométrico

1.3.1 Tipos de Frenos Dinamométricos

1.3.1.1 Frenos Eléctricos

El estator en los dinamómetros eléctricos cuenta con un montaje basculante que está hermanado a un sistema de medición de fuerza.

El medio de transmisión del par motor en el dínamo desde el rotor al estator es a través de campos magnéticos. Para la regulación de carga cuando existen variaciones pequeñas se utiliza un reóstato para la excitación del dínamo.

Dentro de sus ventajas:

- Se usan como motores eléctricos.
- Presentan menor inercia que dinamómetros de corriente de Foucault.

Por otra parte, sus desventajas:

- Son de elevado costo.
- Presentan mayor inercia que dinamómetros hidráulicos. [4]

Tabla 2. Comparación de frenos dinamométricos eléctricos

Cuadro comparativo de frenos dinamométricos eléctricos			
	Dinamómetro de corrientes parasitas	Dinamómetro de corrientes continua	Dinamómetro de corrientes Foucault
Capacidad a alta potencia	Bueno	Bueno	Bueno
Potencia de frenado	500W a 140kW	-	3Kw a 140kW
Tiempo de respuesta a cambio de carga	Muy bueno (menos de 0.05 segundos)	Excelente (menos de 0.005 segundos)	-
Par máximo	300 N-m a 560 N-m	-	5 N-m a 1200 N-m
Acomodamiento a pruebas de alta duración	Excelente (con refrigeración con agua)	Excelente	-
Índice de precisión	$\pm 0,3\%$ a $0,5\%$	-	$\pm 0,3\%$ a $\pm 0,5\%$

Comparación de algunos frenos dinamométricos eléctricos. [4]

1.3.1.2 Sistema de Freno Hidráulico

El sistema de frenos hidráulicos contempla dos aspectos importantes: Sistema Hidráulico y Materiales de Fricción.

Principio de Funcionamiento del sistema de freno hidráulico.

Su funcionamiento inicia cuando acciona el operador el pedal de freno el cual actúa directamente sobre la bomba maestra, una vez que esto sucede, envía el líquido a

presión a través de las cañerías o mangueras. El líquido de freno transmite en este proceso la fuerza del dispositivo de acción al freno de disco [5].

“Al soltar el pedal baja la presión del líquido, el sistema vuelve a su posición inicial y el líquido del cilindro retorna a la bomba con el fin de incrementar la fuerza de frenado” [5].

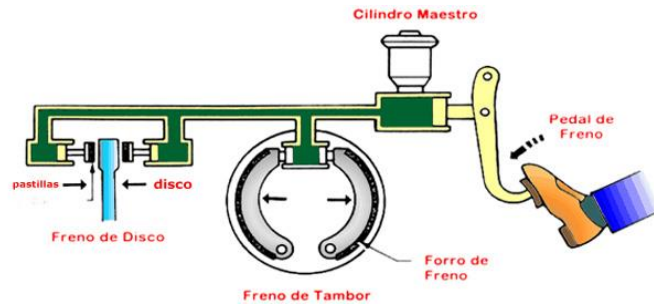


Figura 2. Esquema del sistema de freno oleo hidráulico. [6]

Materiales de fricción.

Los materiales de fricción, también llamados balatas o pastillas de freno, son elementos de metal, semimetal o cerámica capaces de soportar altas temperaturas, ya que generan la fricción al tener contacto con una superficie fija y esto produce el frenado. Cabe indicar que estas son piezas susceptibles a desgaste, por lo que deben ser revisadas y cambiadas con cierta periodicidad [7].

1.3.1.3 Partes del Sistema de Freno Hidráulico

Está compuesto por las siguientes partes que funcionan en conjunto para alcanzar la función de frenado:

a. Depósito de líquido de frenos.

Su función es abastecer y mantener el líquido de frenos al alimentar la bomba maestra. Frecuentemente se encuentra sobre esta, por lo que el líquido de frenos se beneficia de la gravedad para su traslado [8].



Figura 3. Depósito de líquido de frenos. [9]

b. Bomba maestra.

La bomba maestra, también denominada cilindro maestro, transforma la fuerza propiciada por el operador, el cual ejerce una pujanza sobre el pedal con presión oleo hidráulica en el interior del circuito de frenos. Es así que la presión de salida del cilindro maestro a través de las cañerías que transportan el fluido es de 24.6564 PSI a 27.5572 PSI [10].

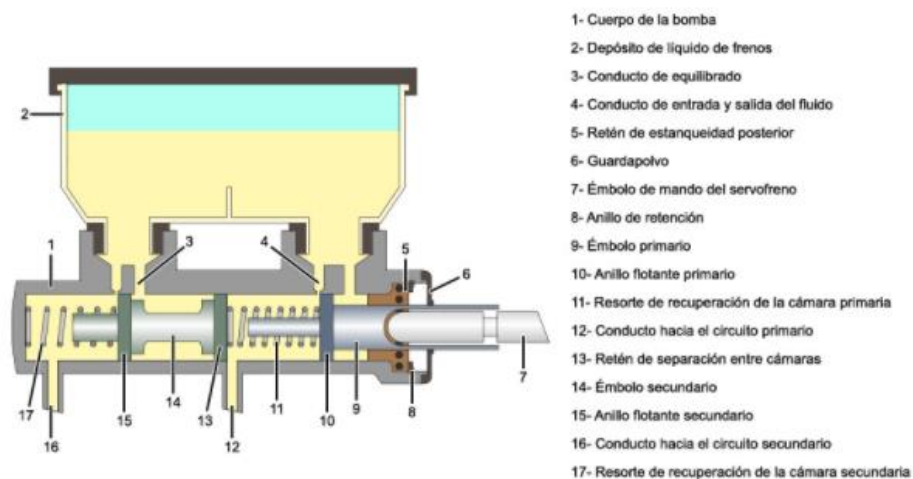


Figura 4. Bomba maestra.[10]

c. Mangueras.

Son canalizaciones que transportan el líquido de frenos y tienen una resistencia de -40 a 120 °C, con una presión de rotura de 15 kgf / cm². La estructura de la manguera de frenos es: epdm, hilo y epdm como se muestra en la Figura 5, generalmente se emplea cañerías con:

$D_e = 4.75 \text{ mm}, 6 \text{ mm}, 8 \text{ mm y } 10 \text{ mm}.$

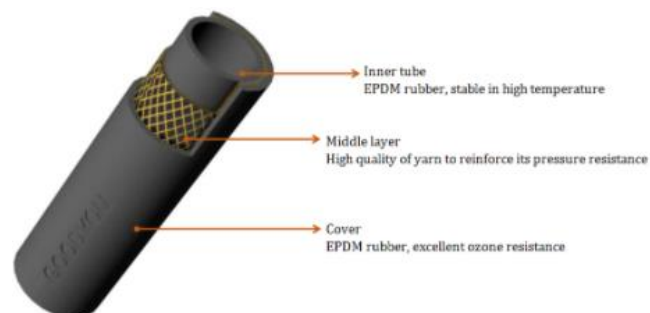


Figura 5. Manguera o cañería de freno flexible. [11]

Para las cañerías de freno se emplean ciertos accesorios como uniones, T, tuercas tipo racor, entre otros, que permiten juntar cañerías y varios mecanismos que conforman el sistema de frenos hidráulicos [12].

d. Líquido de frenos.

El líquido de frenos utilizado en este sistema es el DOT 3, el cual funciona para frenos convencionales. Se fabrica a base de poliglicol sintético, alcanza un punto de ebullición en seco de 205°C y en húmedo de 140°C, la viscosidad del DOT 3 es de 1500cSt (centistoke) a -40°F, posee un color ámbar claro y su compatibilidad con el DOT 4 y el DOT 5.1 Se utiliza para transmitir la presión que se ejerce al accionar la bomba maestra y la traslada hasta los cilindros de la pinza de freno [13].

e. Pedal de freno.

Es una palanca que transmite la fuerza que se ejerce hasta el cilindro maestro de la bomba para iniciar y controlar el proceso de frenado del vehículo” [14].

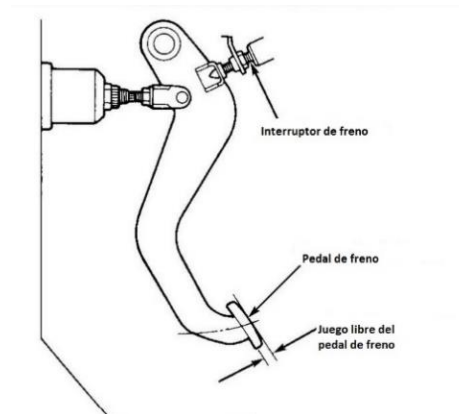


Figura 6. Pedal de freno. [15]

1.3.1.4 Frenos de Fricción

Estos frenos funcionan al generar fuerzas de fricción, con el fin de convertir en calor la energía cinética del cuerpo que se quiere desacelerar. Generalmente los frenos de fricción se componen de un cuerpo fijo, sobre el cual se ejerce presión que acciona el frenado [16] y existen de varios tipos, como se muestra a continuación.

a. **Freno Prony.**

Este fue el primer tipo de freno, mediante la fricción mecánica por zapata y tambor. Sin embargo, por su inestabilidad, dificultad de regulación y refrigeración, hoy es parte del pasado [4]. Este tipo consta de un brazo sobre el cual se monta un dinamómetro y una rueda (a la cual está adyacente una banda de alto rozamiento), misma que se une con el eje del motor para calcular su potencia [17].

“El ajuste de la banda es variable, pudiéndose controlar el torque de carga aplicado al motor” [17].

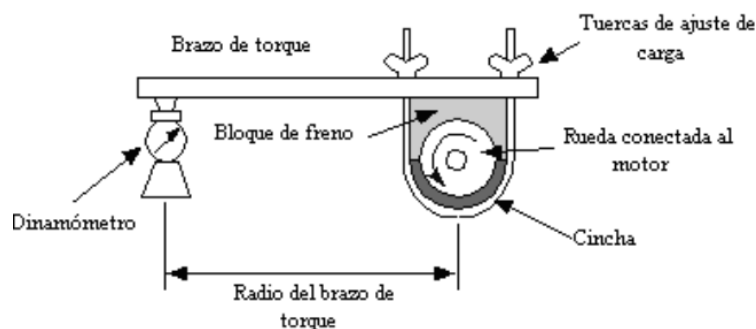


Figura 7. Freno dinámico (Prony), para medir la fuerza de motores. [17]

El freno Prony es de los primeros sistemas de frenado empleado para realizar el cálculo de la potencia real mecánica de un motor. Para su aplicación se une a un tambor que gira con el eje. Sobre la superficie periférica de este tambor, se encuentran dos zapatas unidas entre ellas por muelles que según se comprime el husillo, estas aplican presión sobre la superficie del tambor para reducir la velocidad. El material de fricción que se utiliza como freno se ubica en la banda flexible que rodea a al tambor cilíndrico. Cuando se desea frenar la Figura 8 ilustra como la banda aprieta al tambor provocando una fuerza tangencial para detener el giro [18].

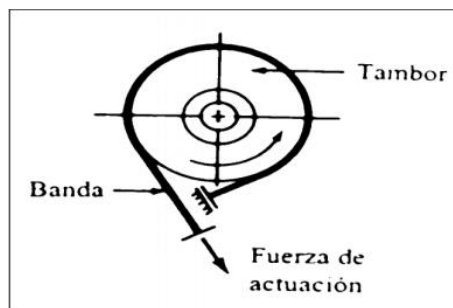


Figura 8. Esquema de un freno de banda. [18]

En la Figura 8 se puede observar un esquema típico del freno Prony.

“La banda flexible que rodea al tambor con el material de fricción, capaz de deformarse a la forma circular del tambor. La aplicación de fuerza genera tensión en la banda y oprime al material de fricción contra el tambor” [18].

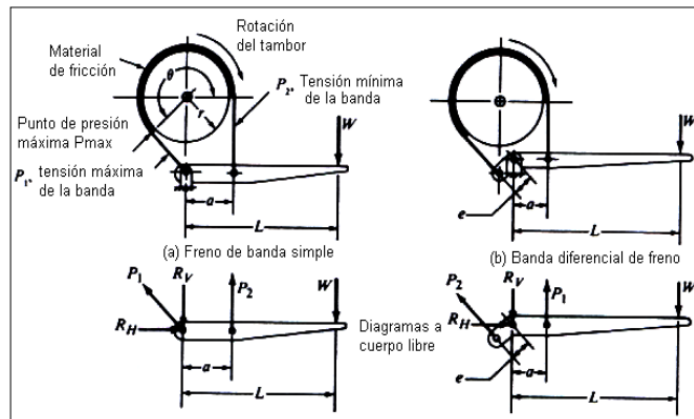


Figura 9. Diseño de freno de banda o Prony. [18]

a. Freno de disco.

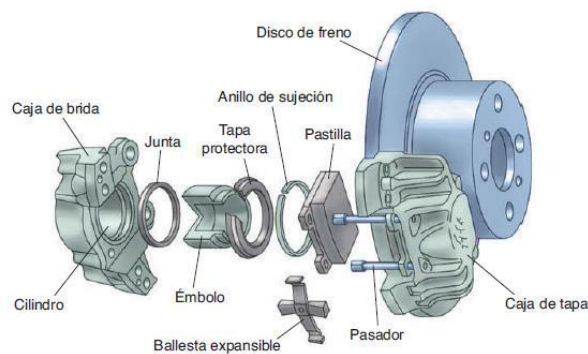


Figura 10. Esquema de las partes del freno de disco. [19]

Este tipo de freno se constituye por un disco metálico que se une al eje donde se produce la rotación. En sus dos caras se encuentran pastillas que son planas y se ensamblan al disco simulando una pinza [20].

“La presión hidráulica provocada por el pedal y transmitida hacia la bomba, induce que el pistón en la mordaza accione a las pastillas por las dos caras del disco, esto genera fricción y produce una reducción en la velocidad” [20].

Su ciclo inicia una vez presionado el pedal, según [21]:

“la presión hidráulica empuja un cilindro dentro de la mordaza presionando una pastilla contra una cara del disco. Esta presión mueve todo el ensamble, jalando la otra pastilla contra la cara sobrante del disco”

En la figura 11 se ilustra el frenado por sistema de pastillas (B), que son activadas por un cilindro (D) y mordaza (C), que presionan de manera lateral, deteniendo su giro. Por lo general, están protegidos y refrigerados con el fin de evitar altas temperaturas [20].

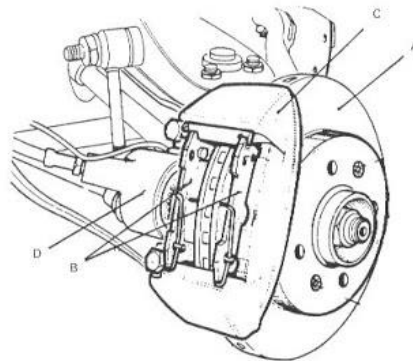


Figura 11. Freno de disco. [20]

Este sistema es el más utilizado en contraste con los frenos de tambor, ya que su capacidad de frenado es más fuerte y rápida. Esto explica porque los elementos que generan la fricción se montan a la intemperie, esto provoca que la refrigeración sea mejor, esto genera que el calor se disipe con prontitud [22].

Existe la siguiente clasificación de frenos de disco:

Discos flotantes con pinzas fijas. El disco se incorpora sobre un buje al que se unen elementos de aluminio que se dilatan para que los discos no se deformen, como si suele suceder con los discos comunes debido a la variación en la dilatación de los estos y del soporte. Estos discos de frenos presentan agujeros que alivianan el peso y contribuyen en el mantenimiento de las pastillas para que estas no tengan suciedad, lo que impacta directamente en el incremento en la capacidad de frenado [23].

Discos ranurados con pinzas fijas. Este tipo de discos se caracterizan por ser flotantes, al igual que los anteriores. Tienen hendiduras pequeñas que facilitan la expulsión de suciedad que se suele acumular en la superficie de las pastillas. Su capacidad de frenado es 30% más efectivo en comparación con los frenos de discos normales, pero muestran una desventaja, la cual es que las pastillas se desgastan rápidamente. [23].

Discos fijos ventilados con pinzas fijas. Los discos ventilados tienen la capacidad de enfriarse al mismo tiempo que giran, gracias a las ranuras que tienen internamente permitiendo la circulación del aire desde el centro hacia afuera. [23].

Discos ventilados con pinzas flotantes. Esta variante presenta discos más amplios de superficie lisa, consolidados, cerrados en la parte posterior y ventilados en su parte frontal. Emplean 1 cilindro, a diferencia de los discos con pinzas fijas que usan entre 6 a 8 cilindros. Estos discos son económicos, pero no resisten altas temperaturas y son poco eficientes [23].

Freno de tambor. Está constituido por un tambor de hierro o acero que gira, junto al semieje, de manera simultánea; cuenta además con dos zapatas que por un tornillo de ajuste están alejadas en la parte superior, mientras que por la parte inferior un cilindro de rueda. Es así que el cilindro maestro genera una presión hidráulica, que provoca que el cilindro de rueda empuje las zapatas hacia la parte interior del tambor y de esta manera se logra reducir la velocidad [20].

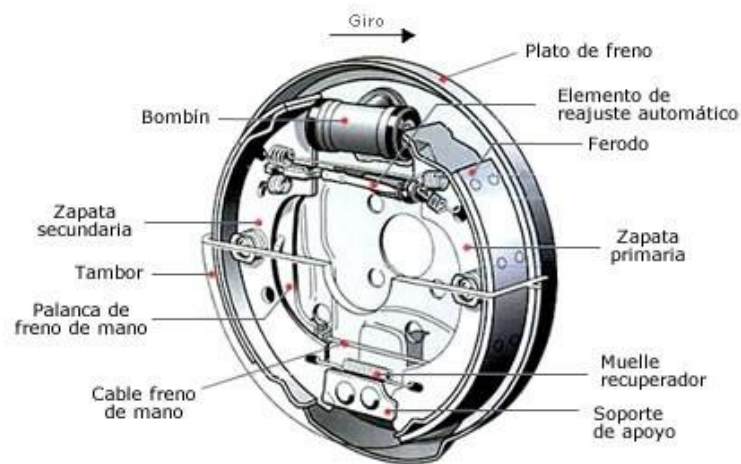


Figura 12. Esquema de las partes del freno de tambor. [22]

La figura 12 ilustra la parte interna del tambor, donde se ubican zapatas (B) forradas con material resistente al calor y que puedan tener contacto contra la superficie interna del tambor por la acción del pistó (C) para producir el roce de ambas partes. Debido a que las zapatas se montan en el plato (D), el tambor se mantiene frenado debido al contacto con las zapatas [20].

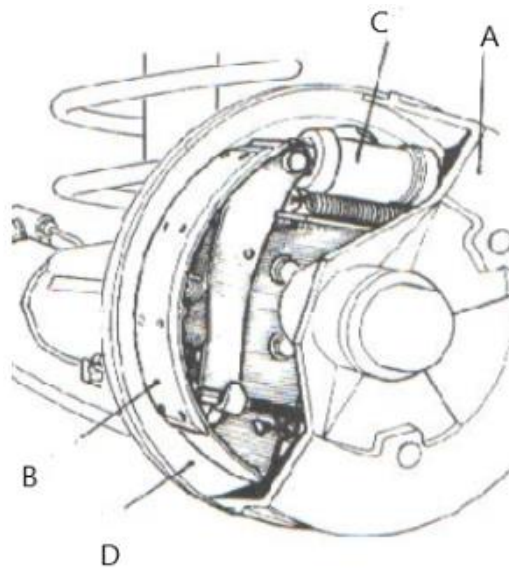


Figura 13. Freno de tambor. [20]

Tabla 3. Cuadro comparativo de freno de disco y freno de tambor

Ventajas	Desventajas
Frenos de Disco	
<ul style="list-style-type: none"> - Poseen una mejor refrigeración ya que se encuentran al aire libre, lo cual permite que se disipe mucho mejor el calor. Además, existen discos de freno auto ventilados para casos en que las exigencias de conducción son mayores. - Ofrecen mayor potencia de frenado. - Su reemplazo es rápido y sencillo. - Constan de cantidad mínima de componentes, aligerando el peso del vehículo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tienen un mantenimiento más costoso. - Presentan una menor durabilidad.
Frenos de Tambor	
<ul style="list-style-type: none"> - Económicos y duraderos. - Los frenos de tambor poseen una superficie de fricción amplia y su diseño dificulta la disipación de calor del tambor. 	<ul style="list-style-type: none"> - No tienen capacidad para disipar el calor. Mientras más calor se produce en el tambor, menos es

- Son más baratos de fabricar.
- Su mantenimiento es menor y más barato.
- Tienen una temperatura de trabajo más baja que los frenos de disco.
- Constan de una mayor protección frente a agentes externos.
- su eficacia y aumenta la distancia de frenado
- Sus componentes son muy pesados.
- Producen mayor ruido de frenado.
- El mantenimiento y montaje es complejo.
- Requieren periodos de rodaje amplios para alcanzar su máxima efectividad de frenado
- A consecuencia del desgaste y de las altas temperaturas, es normal que se deformen o agrieten.

Análisis de ventajas y desventajas de frenos de disco y frenos de tambor. Se seleccionó el freno de disco por razones prácticas y de instalación.[22]

1.3.2 Mecanismo de frenado

1.3.2.1 Fuerzas que actúan en el proceso de frenado

Actúan diferentes esfuerzos, aunque cabe indicar que algunos pueden ser considerados irrelevantes. En este sentido, la conducción del vehículo llega a tener gran importancia [8].

1.3.2.2 Fuerza de frenado

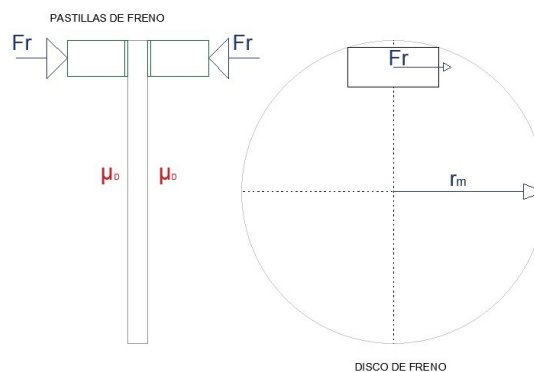


Figura 14. Fuerza en los frenos de disco.

Elaborado por: Christopher Coloma & Humberto Reyes

La acción de frenado inicia cuando las dos pastillas se accionan y estas aprietan con una fuerza F_R al disco y dan origen a la fuerza periférica F_R o fuerza de rozamiento con brazo de palanca r_m .

1.3.2.3 Fricción

La fricción se define como la resistencia generada del roce entre superficies opuestas, en este caso particular: neumático-suelo. Entonces, para que un cuerpo comience a moverse necesita de (F_f) , la cual depende de (F_n) del cuerpo y el coeficiente de fricción de las superficies en contacto (μ_f) [8].

Esta medida expresa la fuerza de roce opuesta al movimiento que ofrecen las superficies en contacto [24].

La fuerza de fricción se expresa con esta ecuación:

$$F_f = \mu_f \times F_n \quad (1)$$

1.3.2.4 Torsión mecánica (Par)

El Par tiene su origen en el momento en que se aplica una fuerza sobre una palanca.

La fórmula de la torsión se expresa así:

$$M = F \times r \quad (2)$$

Donde:

$M = \text{Par } (N \cdot m)$.

$F = \text{Fuerza (N)}$.

$r = \text{Longitud del brazo (m)}$.

La fuerza que recibe la bomba maestra de freno, no es la misma fuerza que aplica el operador, se multiplica la fuerza debido a la palanca. [8].

Debido a la relación fuerzas y longitud, es:

$$F_1 \times r_1 = F_2 \times r_2 \quad (3)$$

Donde:

$F = \text{Fuerza aplicada (N)}$.

$r = \text{Longitud del brazo (m)}$.

1.3.2.5 Potencia de frenado

Sin considerar el tipo de dinamómetro de frenado o de absorción que se utilice (un freno prony, o un freno oleo hidráulico) en todos los casos es posible aplicar la siguiente fórmula:

$$N_b = \frac{2\pi \times r \times Ff \times n}{60} \quad (4)$$

Donde N_b es la potencia de frenado, r es la longitud del brazo, Ff es la fuerza neta de frenado, y n es la velocidad de rotación, en rpm. N_b , r y F pueden estar en cualquier sistema compatible de unidades [16].

1.3.2.6 Partición óptima de las fuerzas de frenado

La consecuencia que produce al frenar, se lo considera a la transferencia de pesos para analizar el sistema de frenos, puesto que es longitudinalmente y que trasfiere el peso del eje posterior al eje delantero; es decir, evidencia una descarga de peso en la parte posterior del monoplaza que limita el agarre de los neumáticos traseros. En contraste, cuando se incrementa el peso en el eje delantero, el frenado es efectivo gracias al aumento del agarre de los neumáticos. [8].

1.4 Elementos de medición de frenado

1.4.1 Celda de carga

Sobre este tema, Navas y Tioli [25] indican que las celdas de carga son instrumentos de medición de fuerza, es decir que básicamente son transductores o dispositivos que transforman la energía mecánica (fuerza o carga) en señales eléctricas, utilizando como principio la Ley de Hooke. Cabe indicar que el término celda es empleado para describir un transductor compacto.

1.4.1.1 Principio de funcionamiento

Este principio depende de la deflexión de filamento en el circuito puente. Sus resultados reflejan que, para una señal de voltaje de entrada, el voltaje de salida del puente cambia de manera proporcional a la carga. Este principio aplicado en la celda de carga aprovecha las propiedades elásticas de un material y mediante el uso de galgas

extensiométricas (Strain Gages), se mide la deformación unitaria del elemento elástico y se relaciona con el valor de la fuerza aplicada sobre él [25].

Formula de deformación unitaria:

$$\epsilon = \frac{\delta}{L} \quad (5)$$

Donde:

ϵ = Deformación unitaria (adimensional).

δ = Deformación del elemento (mm).

L = Longitud inicial (mm).

Fórmula de esfuerzo:

$$\sigma = E \cdot \epsilon \quad (6)$$

Donde:

σ = Esfuerzo en tensión (Pa).

E = Módulo de elasticidad de Young (Pa).

ϵ = Alargamiento o deformación unitaria (adimensional).

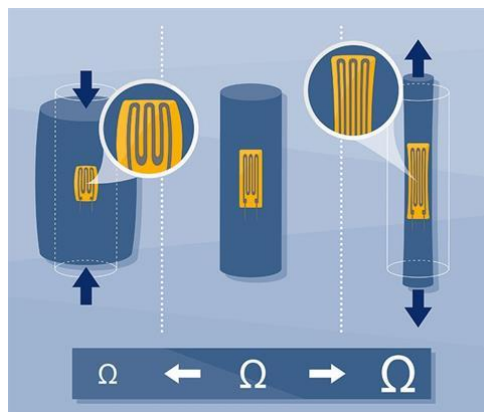


Figura 15. Ejemplo de estrés sobre la galga extensiométrica.[26]

Los autores Navas y Tioli [25], además demuestran que al aplicar carga o fuerza sobre el elemento con la galga adherida, esta identifica el cambio en su resistencia que se asocia a la deformación unitaria del elemento. Desde la percepción del instrumento, es necesario ubicar 4 galgas extensiométricas en el centro del cuerpo de la celda de carga

y realizar conexiones eléctricas de manera que se forme el circuito conocido como Puente de Wheatstone, el cual contrarresta los esfuerzos no deseados.

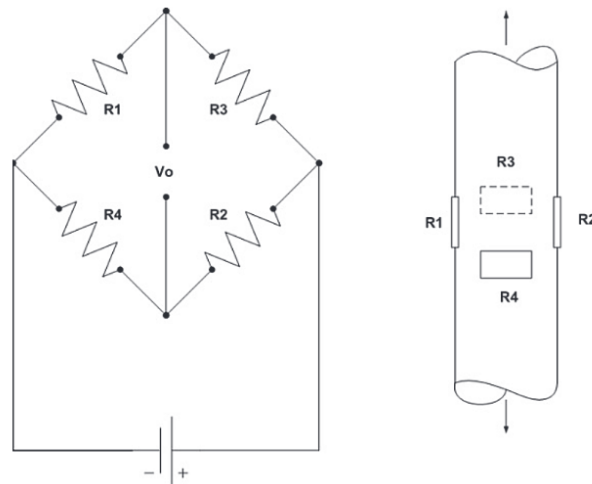


Figura 16. Diagrama de un puente de Wheatstone y su arreglo con galgas extensiométricas sobre el cuerpo de la celda de carga. La galga RE está ubicada diametralmente opuesta a la galga R4. [25]

El esquema que se presenta en la Figura 16 es el Puente de Wheatstone y la ubicación de las galgas extensiométricas sobre el cuerpo de la celda de carga. El puente de Wheatstone funciona de la siguiente forma: las galgas extensiométricas R1 y R2 miden la deformación axial. Si se presenta flexión, sus efectos en las galgas RE y R2 serán iguales, pero de signos opuestos, lo que los cancela. Las galgas R3 y R4 eliminan los efectos generados por la variación de temperatura [25].

- Los mismos autores [25] indican que entre las ventajas del Puente de Wheatstone, debido a su forma de operar, se encuentran las siguientes particularidades:
- Mide las deformaciones unitarias con mucha precisión y exactitud.
- Es muy sensible, lo cual es deseable para detectar deformaciones unitarias muy pequeñas, del orden de 1×10^{-6} .

Hay un efecto propio del circuito de auto compensación por temperatura en un rango que usualmente se encuentra 18°C y los 35°C aproximadamente, lo cual le permite trabajar adecuadamente sin tener que hacer correcciones por este efecto. Esta propiedad es válida siempre y cuando las variaciones de temperatura durante su utilización sean muy graduales.

- Se pueden compensar esfuerzos no deseados, al cancelar sus efectos según se explicó en el caso de la flexión, producto de alguna excentricidad al aplicar la carga.

1.4.1.2 Tipos de celda de carga

Bellini [27], indica que se pueden diferenciar las celdas de carga de acuerdo a su aplicación y como interpretan las cargas (flexión, cizallamiento, compresión, tensión, etc.)

Celda de carga de compresión. Su forma es como un botón integral. Son perfectas para aplicarse en espacios restringidos y además ofrecen quietud en un plazo largo [27].



Figura 17. Celda de Carga de compresión. [28]

Celda de carga de compresión/tensión. Trabaja de tensión-compresión o de compresión-tensión. Sus extremos en rosca hacen que su instalación sea fácil, por lo que son perfectas para aplicaciones con espacio restringido. [27].



Figura 18. Celda de Carga de compresión/tensión. [29]

Celda de carga de viga en S. Entre sus características principales ofrece un voltaje de salida cuando se encuentra bajo tensión o compresión. [27].



Figura 19. Celda de Carga de viga en s. [30]

Celda de carga de viga flexible. Esta celda suele aplicarse en mediciones de peso de tanques, control de procesos e industrial. [27].



Figura 20. Celda de Carga de viga flexible. [31]

Tabla 4. Celdas de carga tipos y características

Tipo	Excitación	Salida	Calibración de 5 puntos	Linealidad	Histéresis	Repetibilidad	Rango de temperatura de funcionamiento	Intervalo
Compresión	10 Vcc	2 mV/V (nom.)	0% 50% 100% 50% 0%	±0.25% salida a escala completa	±0.20% salida a escala completa	±0.10% salida a escala completa	-54 a 121 °C (-65 a 250 °F)	± 0,018 % lectura/ °C
Compresión/Tensión	≤ 10 libras/50 N: 5 Vcc =25 libras/100 N: 10 Vcc	2,2 libras/10 N: 1,5 mV/V (nom.) =5 libras/20 N: 2 mV/V (nom.)	0% 50% 100% 50% 0%	≤100 libras/500 N: ±0,15% salida a escala completa =250 libras/1.000 N: ±0,20% salida a escala completa		≤2,2 libras: ±0,15% salida a escala completa =5 libras/10 N: 0,20% salida a escala completa	-54 a 121 °C (-65 a 250 °F)	±0,009% salida a escala completa/ °C
Carga de viga en S	10 Vcc, 15 Vcc máx.	3 mV/V ±0,0075 mV/V		±0,03% salida a escala completa (0,1% 40 K)	±0,02% salida a escala completa (0,1% 40 K)	±0,01% salida a escala completa (0,05% 40 K)	-40 a 93 °C (-40 a 200 °F)	0,002% salida a escala completa/ °C
Viga Flexible	10 Vdc, 15 Vdc máx.	3 mV/V ±0.25%	0% 50% 100% 50% 0%	±0.03% FSO	±0.02% FSO	±0.02% FSO	-34 to 82°C (-30 to 180°F)	

Tabla comparativa de distintos tipos de celdas de carga. Se opta por la celda de carga de compresión por razones prácticas y de colocación, ya que las especificaciones de cada celda son muy parecidas. [32]

1.4.2 Módulo HX711 transmisor de celda de carga

Mercado y Guerrero [33], indican que el módulo HX711 es una interfaz entre celdas de carga y microcontrolador; este permite la interpretación de cargas de manera sencilla. Su función es interpretar al puente Wheatstone formado en la celda de carga, transformando a digital la lectura análoga gracias al conversor A/D interno de 24 bits. Se aplica en la industria, sistemas de medición automáticos e industria médica.

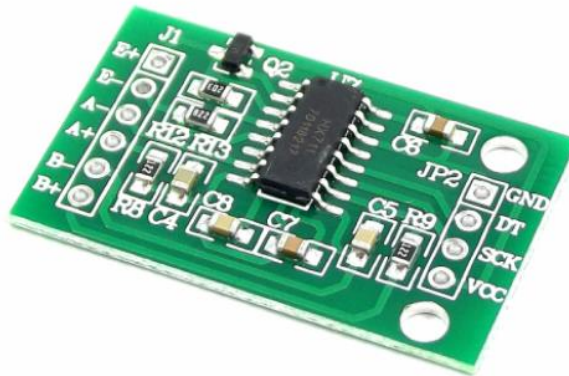


Figura 21. Módulo HX711. [34]

1.4.3 Arduino

Kondaveeti et al. [35], demuestran que la placa Arduino permite a clientes la experimentación de ideas innovadoras. En la placa hay leds incorporados, así como pines extensibles que pueden conectarse a módulos externos como USB. Es el microcontrolador incorporado que interviene en las funciones de los LED y sensores que se conectan a la placa mediante sus pines.

La placa está constituida por 14 pines digitales y seis analógicos que son programables con el entorno de desarrollo integrado (IDE) mediante el cable USB tipo B. Cabe indicar que se puede alimentar por cable USB o por fuente externa, aceptando voltajes de entre 7 y 20 voltios [36].

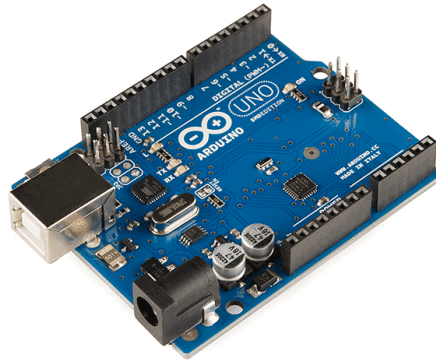


Figura 22. Placa Arduino Uno. [37]

1.4.4 Placa perforada baquelita CPL-101

Una placa de circuito impreso (PCB) es el componente principal de los circuitos electrónicos ya que permite conectarlos, motivo por el cual se ha desarrollado a lo largo de los años como un dispositivo muy útil. La placa de circuito impreso nació al abrir posibilidades a diseños más pequeños, más simples y menos arduos [38].

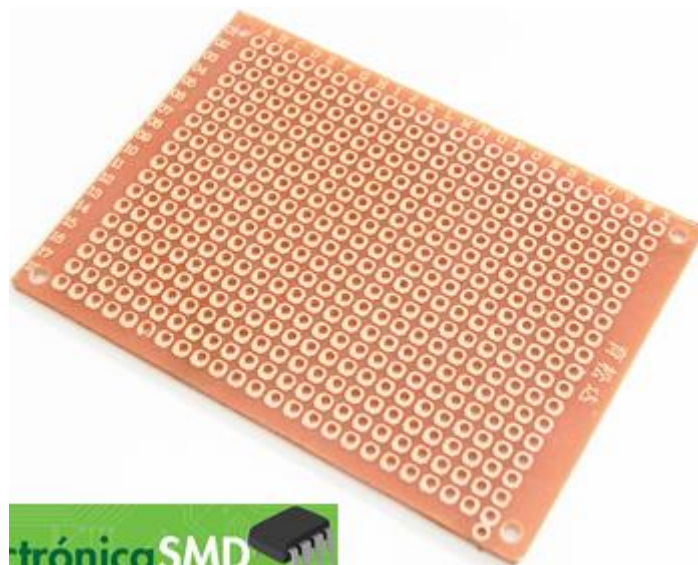


Figura 23. Placa perforada baquelita CPL-101. [39]

1.4.5 Display LCD 2004

El LCD 2004 está constituido por 20 columnas, cuatro filas de dígitos alfanuméricos y funciona con el controlador interno HD44780. Para conectar la pantalla LCD al Arduino/PIC son necesarios seis pines (dos de control y cuatro de datos) [40].

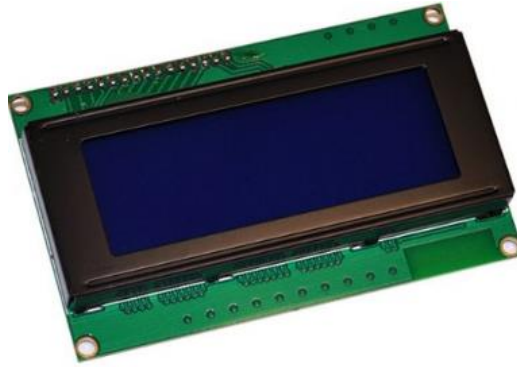


Figura 24. Display LCD 2004. [40]

1.4.6 Mini pulsador SPST

Este es un componente eléctrico que facilita o bloquea el flujo de la corriente eléctrica una vez que es pulsado, pero para que el pulsador se active debe contar con un resorte o muelle que le permita volver a su posición original. El pulsador tiene dos posiciones en cada contacto eléctrico: puede estar abierto cuando los bornes se separan y el pulsador impide el flujo de corriente; y cerrado cuando se juntan los bornes y el pulsador libera el paso de corriente [41].



Figura 25. Mini Pulsador SUS. [42]

1.4.7 Sensor de efecto hall

Este sensor es considerado como una excelente herramienta de detección. cuando es sometido a un golpe magnético, envía un voltaje de salida [43]. El voltaje (V) de salida es mínimo, por lo que necesita de electrónica adicional para alcanzar un voltaje útil; cuando este efecto se combina con la electrónica asociada.

En este dispositivo de detección generalizado, este detecta el campo producido por el sistema magnético que responde a la cantidad física a detectar (temperatura, presión, posición, etc.) a través de la interfaz de entrada. Así, la interfaz de salida convierte la

señal eléctrica del sensor Hall en una señal que cumple con los requisitos de la aplicación [43].

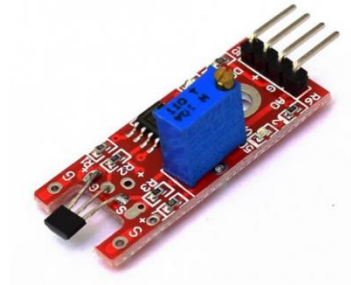


Figura 26. Sensor de efecto hall. [44]

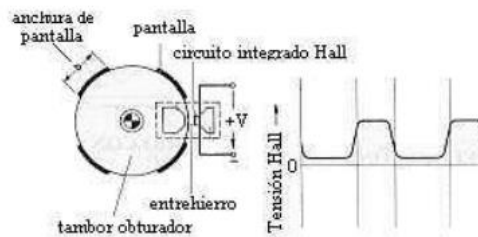


Figura 27. Representación efecto Hall. [45]

1.4.8 Circuitos de medida

Con el fin de realizar una medición de la deformación con galgas extensiométricas resistivas, estas tienen que conectarse a un circuito eléctrico que tenga la capacidad para medir las variaciones en la resistencia, correspondientes a la tensión. Los transductores emplean el circuito de puente de Wheatstone [46].

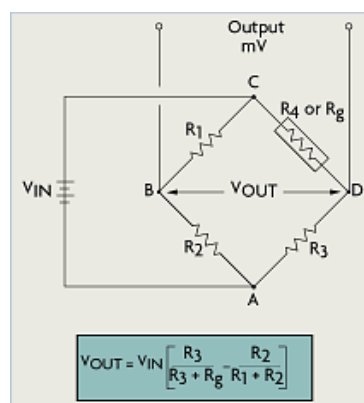


Figura 28. Galga extensiométrica fotoeléctrica. [46]

1.4.9 Transductores de fuerza

1.4.9.1 Principio de funcionamiento

Según el informe de Prueba y Medición de IBM [47], los transductores de fuerza de galgas extensiométricas emplean lo que se conoce como “cuerpo elástico” o “cuerpo de deformación”, en el que las cargas a medir son aplicadas. Cuando se aplica dicha carga, se deforma el elemento muelle y sufre una elongación en su superficie. Por lo tanto, la función del elemento mencionado consiste en transformar la fuerza a medir en deformaciones, de la forma más lineal y reproducible posible. La señal de salida se produce por variaciones en la resistencia de las galgas extensiométricas [47].

1.4.9.2 Efecto de compensación

El efecto de compensación se produce porque, debido a cambios de temperatura, las cuatro galgas extensiométricas reaccionan de igual manera en dirección y magnitud en lo que respecta al cambio de resistencia eléctrica [47].

1.4.10 Cómo realizar medidas con transductores de presión

1.4.10.1 Excitación del puente

La tensión de excitación se presenta generalmente en niveles de 3 a 10V. Sin embargo, una tensión demasiado elevada causa más errores producto del auto calentamiento, por eso es necesario que la tensión de excitación sea precisa y estable [48].

1.4.10.2 Amplificación de señal

Los valores de salida de los puentes son relativamente pequeños, pues la mayoría de las galgas extensiométricas generan salidas de menos 10 mV/V (milivoltio de salida por voltio de tensión de excitación). Una tensión de excitación de 10 V produce señales de salida de 100 mV y por ende, un regulador de señal incluye un amplificador para la señal que permite incrementar la resolución de medida y mejorar la relación señal-ruido [48].

1.4.11 Curvas características

Para evaluar cómo se comporta un motor mediante curvas se calculan: la potencia, el torque, la velocidad de rotación y consumo de combustible [48].

Curva de potencia. La Figura 29 muestra como crece la curva hasta llegar al máximo valor y posteriormente merma hasta su límite de uso [49].

Cálculo de la Potencia:

$$P = T \cdot w = \frac{T \cdot n}{\frac{60}{2\pi}} \quad (7)$$

Donde:

P = Potencia del motor (kW).

T = Torque o par motor (Nm).

w = Velocidad angular del eje del cigüeñal (rad/s).

n = representa a las revoluciones por minuto (rpm).

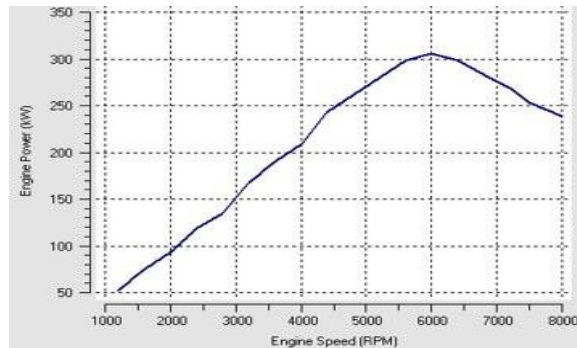


Figura 29. Curva de potencia de un motor comercial. [49]

Curva de torque al freno. En la Figura 30 se muestra que la curva tiende a ser horizontal sin dejar de ser cóncava; además la curva crece al aumentar las revoluciones por minuto. El torque máximo se alcanza al nivel más bajo de revoluciones en comparación a la potencia máxima y la reducción del par es más lento al acrecentar la velocidad de giro [50].

Fórmula de Par motor:

$$T = F_b \cdot r \quad (8)$$

T = Torque o al par motor (Nm).

F_b = Fuerza sobre la biela (N).

r = Radio de la manivela del cigüeñal (m).

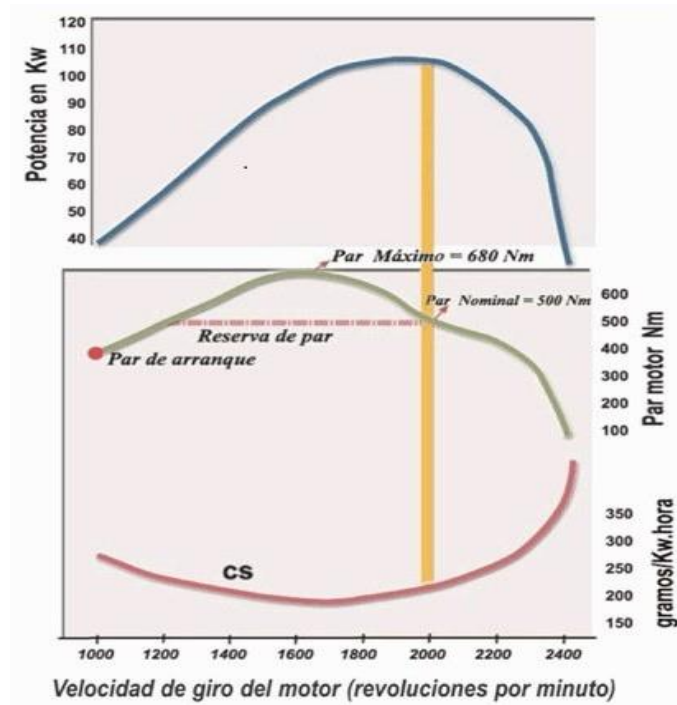


Figura 30. Curvas de potencia y par de un motor comercial. [50]

Curva de consumo. En la Figura 31 se observa que la curva de consumo específico decrece a medida que la velocidad del motor aumenta, hasta alcanzar el valor de menor consumo. En este punto la curva crece hasta el límite de uso de diseño. Cabe mencionar que los motores Diésel presentan su punto de menor de consumo específico a velocidades de giro altas [50].

Fórmula de consumo específico de combustible:

$$SFC = \frac{\dot{m}}{P} \quad (9)$$

SFC = Consumo específico de combustible ($\frac{gr}{kW \cdot h}$).

\dot{m} = Flujo másico del combustible ($\frac{gr}{h}$).

P = Potencia entregada por el motor (kW).

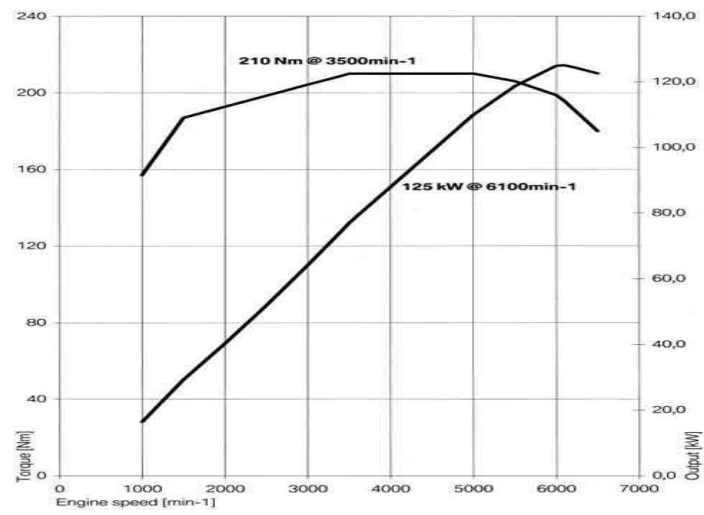


Figura 31. Curva de consumo específico de combustible, par y potencia de un motor comercial. [50]

CAPITULO II

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE FRENO HIDRÁULICO

La Figura 32 muestra el diseño del sistema de freno hidráulico, indicando la ubicación de elementos externos como internos.

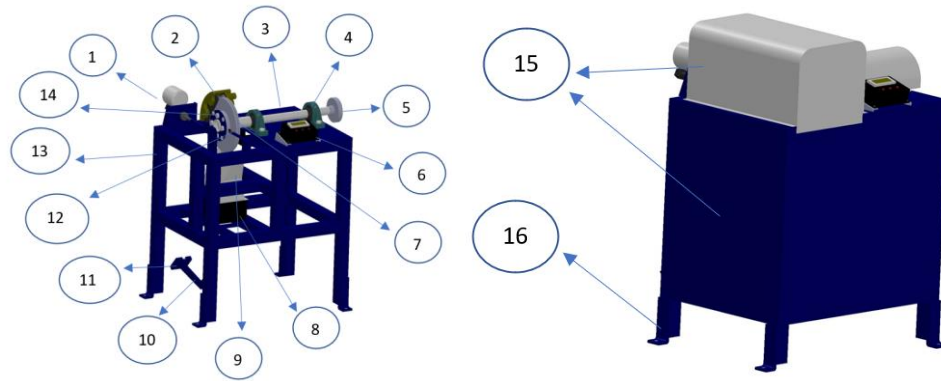


Figura 32. Sistema de freno hidráulico del banco de pruebas de motor de combustión interna de la Universidad Politécnica Salesiana.

Elaborado por: Christopher Coloma y Humberto Reyes.

Tabla 5. Partes del sistema de freno hidráulico

Descripción y ubicación de las partes del sistema de freno hidráulico	
1. Bomba de freno.	2. Mordaza y pastillas de freno.
3. Eje de transmisión.	4. Chumacera de piso.
5. Brida de acople.	6. Display.
7. Disco de frenos.	8. Ventilador.
9. Transición del ventilador.	10. Pedal.
11. Celda de carga.	12. Sensor efecto hall
13. Estructura del sistema	14. Disco con imanes
15. Guardas de seguridad.	16. Placa de anclaje.

Distribución de las partes y accesorios del sistema de freno hidráulico.

Elaborado por: Christopher Coloma y Humberto Reyes

2.1 Introducción

En la siguiente sección se estudia el diseño del sistema de freno hidráulico y programación del microcontrolador, para el banco de pruebas de motor de combustión interna de 1400 cc. En ese sentido, se selecciona el sistema de freno más eficiente, los

accesorios electrónicos idóneos y con esto se plantea una metodología de diseño para elaborar el proyecto y finalizar con la construcción.

Tabla 6. Especificaciones técnicas del motor

Especificaciones técnicas del motor	
Cilindraje	1389 cm^3
Potencia	84 HP a 6000 RPM
Par máximo	113,7 Nm a 300 RPM

Especificaciones del motor de la Universidad Politécnica Salesiana.[3]

Debido a sus características, se emplea el sistema de freno hidráulico de disco que logra un rápido enfriamiento gracias a su refrigeración, disipa el calor de una mejor manera, tiene mayor potencia de frenado, posee menos componentes lo que aligera el peso del sistema, su mantenimiento es mucho más sencillo y su respuesta de acción es bastante rápida por lo que logra mayor eficiencia, tal como como se lo expresa en la Tabla 3. Además, para la selección de los elementos del sistema de freno oleo hidráulico se considera las especificaciones del motor de combustión interna, expuestos en la Tabla 6.

El disco seleccionado es de marca DURAKO, sus accesorios más importantes se muestran en el Anexo 1, estos son: mordaza marca Delphi, pastillas de freno marca Hi-Q, bomba maestra marca OEM Replacement, araña de punta de eje marca ISA y punta de eje marca GSP.

En base a las especificaciones del motor se analizan las fuerzas, esfuerzos y momentos que van a actuar en el sistema. Como primera instancia se toma en cuenta a las cargas que influirán sobre la estructura que va a soportar el sistema de freno, las cuales se clasifican según su efecto al actuar sobre los cuerpos; para este caso, los siguientes valores son los que se utilizan para dimensionar todos los dispositivos que se acoplen al motor: Carga Puntual, carga uuniformente ddistribuida y carga uniformemente variada.

Estas cargas se manifiestan en el diseño y sus diferentes componentes: en el disco y sus elementos, chumacera, pedal de freno y bomba hidráulica; cada uno genera esfuerzos de diferentes tipos; adicionalmente se toma en consideración la fuerza que

aplica el usuario sobre el pedal. En Física, se conoce como esfuerzo a la fuerza que incide sobre el cuerpo para deformarlo y cuya reacción del material varía según la forma como se aplica la fuerza; por lo que esta es capaz de deformar a los cuerpos como esfuerzo de: tracción, compresión, flexión, esfuerzo cortante o de corte y esfuerzo de torsión. Cabe mencionar que un cuerpo sólido que se somete a variaciones de temperatura o a cargas externas se deforma en los procesos, por ende, esto influye en la seguridad y por lo tanto se debe considerar la sujeción, soporte y el factor de seguridad.

En el diseño se presta atención a las dimensiones de la estructura que va a soportar el sistema de frenos y la distribución del espacio del área de trabajo para los estudiantes, garantizando primordialmente la seguridad al presentar el sistema sin elementos que puedan causar accidentes.

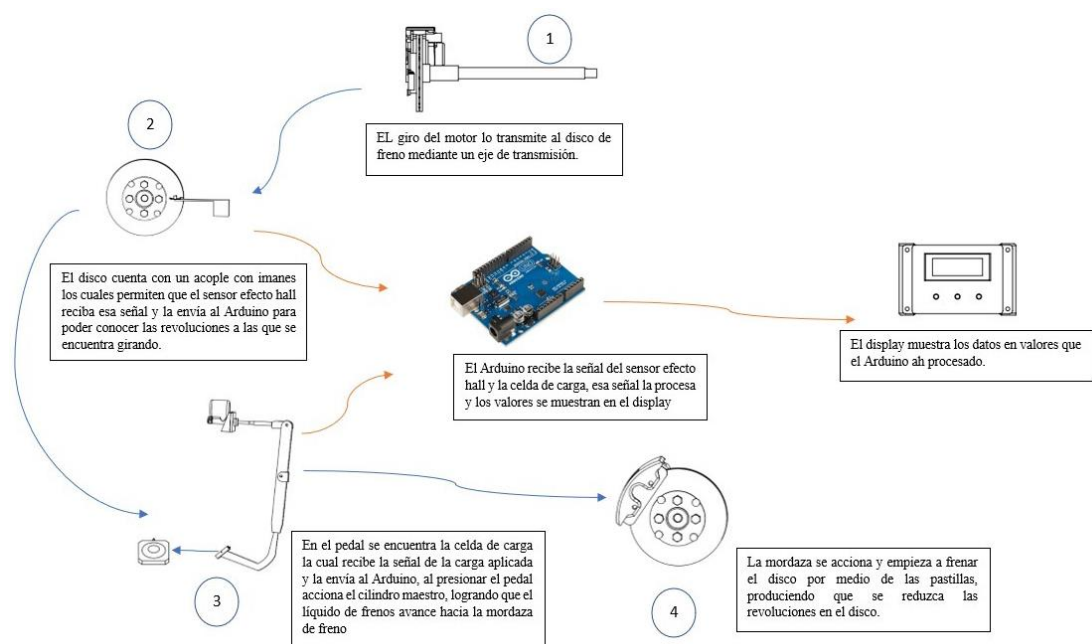


Figura 33. Esquema de funcionamiento del sistema de freno hidráulico de la Universidad Politécnica Salesiana.

Elaborado por: Christopher Coloma y Humberto Reyes.

2.2 Análisis y diseño de la estructura

El diseño y construcción de la estructura del sistema de freno hidráulico se seleccionó el acero ASTM A36, ya que sus propiedades físicas que se aprecian en la Tabla 8 son idóneas para el trabajo que se va a realizar. La estructura está proyectada para soportar las vibraciones que se producen con el movimiento del motor, para que resista los

accesorios que componen el sistema de freno y por ello posee además una muy buena soldabilidad.

Considerando los parámetros de funcionamiento del motor y el peso total que debe soportar la base del sistema de freno oleo hidráulico, se diseña una estructura única para este. Para verificar y asegurar el diseño de la estructura del sistema se utilizará el programa SolidWorks.

2.2.1 Distribución de pesos de los elementos que va a soportar la estructura del sistema de freno

Tabla 7. Peso de los elementos del sistema de frenos

Elementos	Masa	Peso
Disco de freno	1.5 kg	14.71 N
Chumaceras	4 kg	39.24 N
Araña	10 kg	98.1 N
Mordaza	8 kg	78.48 N
Eje	5.6 kg	55.1 N
Elementos pedal	6.5 kg	65.82 N
Bomba maestra	1.2 kg	11.7 N
Accesorios	3 kg	29.43 N
Total	39.8 kg	392.58 N

Lista de pesos ejercidos por los elementos del sistema de frenos.

Elaborado por: Christopher Coloma y Humberto Reyes

Tabla 8. Propiedades del acero estructural ASTM A36

Material	Límite de tensión (MPa)	Límite de fluencia (MPa) (Sy)
ASTM A 36	400	250

Características y propiedades del acero estructural ASTM A36, se detallan en el Anexo 3. [51]

2.2.2 Análisis de cargas de la estructura

Para el diseño, es indispensable implementar un factor de seguridad en función de garantizar una correcta funcionalidad de la estructura. Por lo tanto, se utiliza el criterio de la AISC: “Para soportes de maquinaria de movimiento alternativo o unidades con

potencia de impulsión propia. $K \geq 1.5$ ". Este factor de seguridad se utiliza en cada una de las cargas aplicadas en la estructura [3].

Para el análisis de cargas se realiza la simulación estática de la estructura en el software SolidWorks, y se considera los pesos que actúan sobre esta.

- Simulación.** Se escoge simulación: estudio de análisis de frecuencia y estático.
- Material.** Se aplica el material de la estructura, que es el acero ASTM A36.
- Sujeciones y cargas.** Se considero sujeción fija a las cuatro patas del sistema, ya que estas van ancladas al piso, las cargas que ingresamos para la simulación son:

Tabla 9. Cargas actuantes sobre la estructura del sistema de freno hidráulico

Datos ingresados para la simulación	
1	47.17 N
2	238.46 N
3	11.7 N
4	65.82 N

Datos ingresados en el software.

Elaborado por: Christopher Coloma y Humberto Reyes

generar mallado y ejecutar.

d. Resultados.

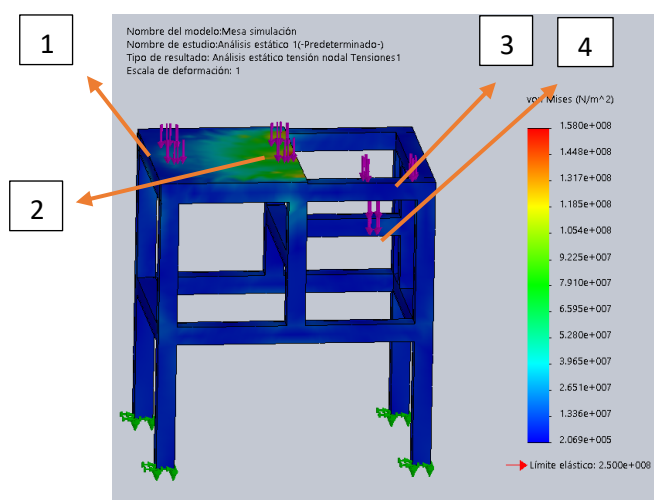


Figura 34. Análisis estático tensión Von-Mises.

Elaborado por: Christopher Coloma & Humberto Reyes

Con las cargas aplicadas a la estructura, la tensión máxima alcanzada es de 158 MPa con un límite elástico del material que es de 250 MPa Figura 34.

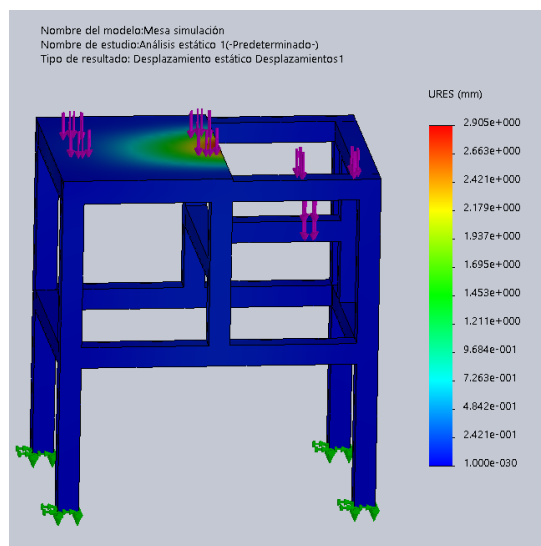


Figura 35. Análisis estático desplazamiento y deformación.

Elaborado por: Christopher Coloma & Humberto Reyes

La deformación máxima de la estructura del sistema de freno oleo hidráulico, bajo las condiciones de la simulación, es de 2.9 mm, Figura 35.

En la tabla 10 se presentan algunas frecuencias que son generadas por la vibración producida por el motor a la que está expuesto el sistema de frenos.

Tabla 10. Frecuencias actuantes en la estructura del sistema de freno hidráulico

Datos ingresados para la simulación	
1	83.045 Hz
2	93.199 Hz
3	130.99 Hz
4	213.49 Hz

Datos ingresados en el software.

Elaborado por: Christopher Coloma y Humberto Reyes

Con el estudio de frecuencias, se puede observar el comportamiento y la deformación máxima que puede llegar a tener la estructura al ser expuesta a las diferentes vibraciones que puede causar el motor.

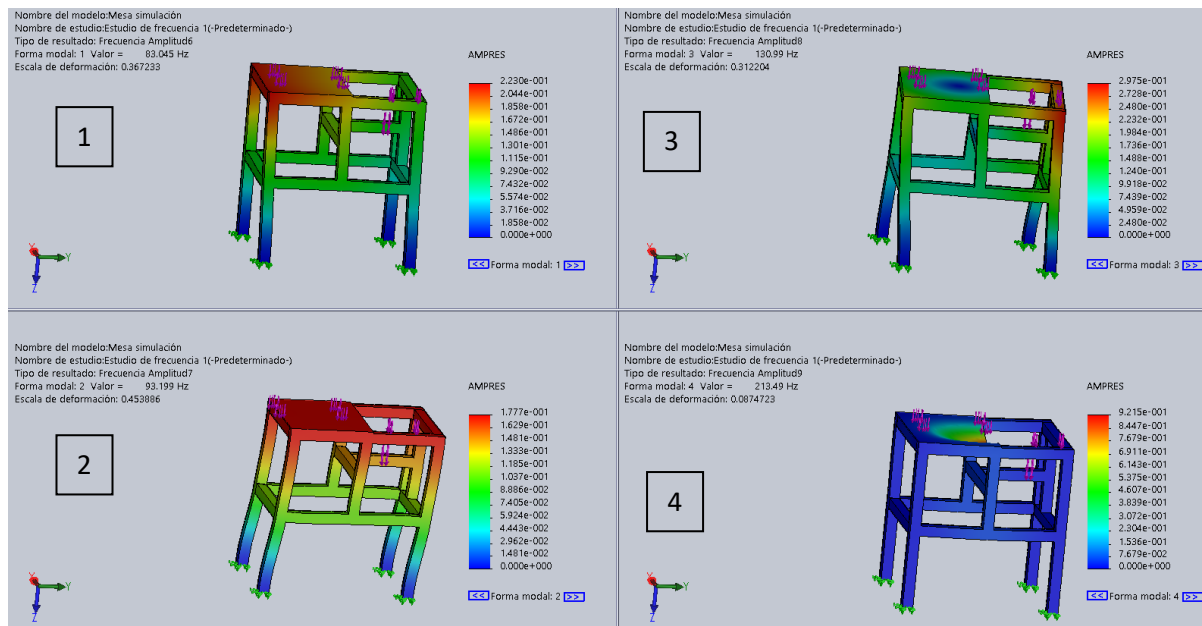


Figura 36. Estudio de frecuencia.

Elaborado por: Christopher Coloma & Humberto Reyes

Con las frecuencias aplicadas que se muestran en la Figura 36, se obtiene las siguientes deformaciones que se indican en la Tabla 11.

Tabla 11. Resultados del estudio de frecuencias

Frecuencia	Deformación
83.045 Hz	0.223 mm
93.199 Hz	0.177 mm
130.99 Hz	0.297 mm
213.49 Hz	0.921 mm

Resultados obtenidos en el software.

Elaborado por: Christopher Coloma y Humberto Reyes

2.3 Análisis y diseño del eje de transmisión

Para la transmisión del giro del diferencial hacia el disco de freno, se selecciona el eje de transmisión AISI 1045, cuyas propiedades se pueden ver en la Tabla 12. En el diseño del eje se considera el torque de $113.7 \text{ N} \cdot \text{m}$ producido por el motor al que va a estar acoplado. Para una mejor explicación, se ha realizado un cuadro ponderativo como se indica en la Tabla 14. Considerando los aspectos con los que se han evaluado algunos aceros y factores de seguridad:

Tabla 12. Propiedades del material AISI 1045

Material	Resistencia a la tensión, MPa (Sut)	Resistencia a la fluencia, MPa (Sy)	Dureza Brinell
AISI 1045	630	530	179

Características y propiedades del acero estructural AISI 1045 se pueden observar en el Anexo 3, figura 63. [52]

Tabla 13. Tabla de factores de seguridad: valores mínimos recomendados.
Modificada de Faired

Tipo o Clase de Carga	Acero, Metales Dúctiles		Hierro Fundido, Metales Frágiles	
	Resistencia máxima*	Resistencia de fluencia**	Resistencia máxima	
Carga muerta o Carga variable bajo análisis por fatiga	3 - 4	1.5 - 2	5 - 6	7
NO considerar estas recomendaciones si se realiza análisis por fatiga.				
Repetida en una dirección, gradual (choque suave)	6	3	7 - 8	10
Repetida invertida, gradual (choque medio)	8	4	10 - 12	15
Choque fuerte	10 - 15	5 - 7	15 - 20	20

Tabla de valores mínimos recomendados por el tipo de carga. Se selecciona el valor entre 1.5 a 2 para acero o metales dúctiles basado en la resistencia a la fluencia bajo análisis por fatiga.[53]

El diseño del eje de transmisión se realiza bajo el criterio de Esfuerzo Cortante Máximo.

* Resistencia máxima se refiere a S_u , S_{uc} , S_{us} .

**Resistencia de la fluencia se refiere a S_y , S_{yc} , S_{ys} .

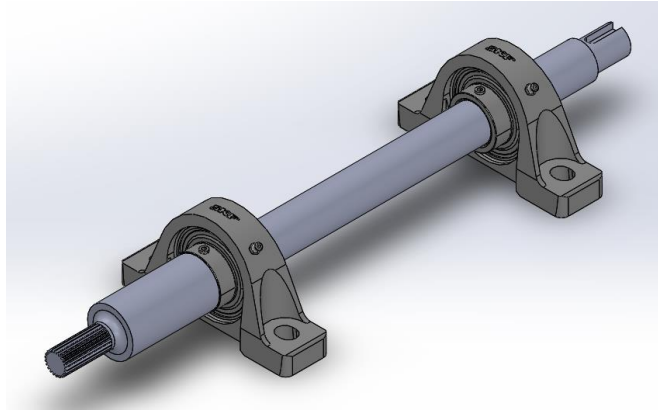


Figura 37. Eje diseñado para el banco de pruebas.

Elaborado por: Christopher Coloma y Humberto Reyes

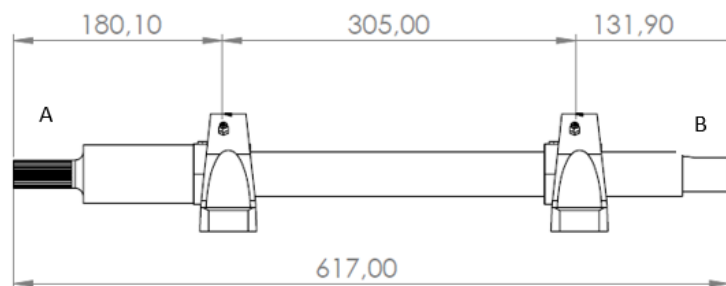


Figura 38. Disposición de chumaceras para análisis.

Elaborado por: Christopher Coloma & Humberto Reyes

2.3.1 Análisis

Potencia $\dot{W} = 84 \text{ HP}$

Torque Neto $T = 113.7 \text{ N} \cdot \text{m}$

Factor de seguridad de diseño $N = 1.72$ Tabla 13

En el punto A

El eje de transmisión se une a la manzana de rueda mediante un estriado que se diseñó a partir del estriado de la punta del eje, de los accesorios del freno antes mencionados.

Es así como se cuenta con un estriado recto de 24 milímetros de diámetro exterior y un ángulo de presión de 20 grados y 22 dientes.

Modulo $M = 1$

Numero de dientes $z = 22$

Angulo de presión $\Phi = 20^\circ$

El paso circular del engrane es:

$$P_c = \pi \times M = 3.14159 \quad (10)$$

El diámetro primitivo:

$$D_p = M \times z = 22 \text{ mm} \quad (11)$$

El diámetro exterior es:

$$D_e = (z + 2) \times M = 24 \text{ mm} \quad (12)$$

El espesor del diente se encuentra con el paso circular:

$$e = \frac{P_c}{2} = 1.5707 \text{ mm} \quad (13)$$

La longitud del diente se tiene:

$$b = 10 \times M = 1 \quad (14)$$

El diámetro interno es:

$$D_i = (z - 2.50) \times M \quad (15)$$

$$D_i = 19.5 \text{ mm} \approx 20 \text{ mm}$$



Figura 39. Dimensiones Estriado.

Elaborado por: Christopher Coloma & Humberto Reyes

$$F_{T_{Ay}} = \frac{T}{\frac{\phi}{2}} = \frac{2 \times T}{\phi} = \frac{2 \times 113.7 \text{ N} \cdot \text{m}}{0.024 \text{ m}} = 9475 \text{ N} \quad (16)$$

$$F_{R_{Az}} = F_{T_A} \times \tan 20^\circ = 3448.62 \text{ N} \quad (17)$$

En el punto B

En punto se acopla directamente al motor por una brida y chaveta, la transmisión es directa:

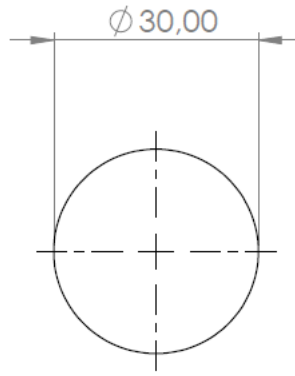


Figura 40. Diámetro posterior del eje.

Elaborado por: Christopher Coloma y Humberto Reyes

$$F_{B_z} = \frac{2 \times T}{\phi} = \frac{2 \times 113.7 \text{ N} \cdot \text{m}}{0.030 \text{ m}} = 7580 \text{ N} \quad (18)$$

Plano y:

$$\sum M_2 = 0 \quad (19)$$

$$(F_{r_{Ay}} \times 0.485 \text{ m}) - (R_{1y} \times 0.305 \text{ m}) = 0$$

$$R_{1y} = 4905.1 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0 \quad (20)$$

$$-F_{r_{Ay}} + R_{1y} - R_{2y} = 0$$

$$R_{2y} = 1820.45 \text{ N}$$

$$M_{1y} = 555.2 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Plano xz:

$$\sum M_1 = 0$$

$$(F_{t_{Az}} \times 0.18 \text{ m}) + (R_{2z} \times 0.305 \text{ m}) - (F_{B_z} \times 0.437 \text{ m}) = 0$$

$$R_{2z} = 5268.72 \text{ N}$$

$$\sum F_z = 0$$

$$F_{t_{Az}} - R_{1z} - R_{2z} + F_{B_z} = 0$$

$$R_{1z} = 11786.3 \text{ N}$$

$$M_{1z} = 1705.5 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{2z} = 1000.56 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_1 = \sqrt{(555.2 \text{ N} \cdot \text{m})^2 + (1705.5 \text{ N} \cdot \text{m})^2} \quad (21)$$

$$M_1 = 1793.6 \text{ N} \cdot \text{m} \rightarrow \text{Momento Máximo}$$

$$M_2 = \sqrt{1000.56 \text{ N} \cdot \text{m}^2 + 0 \text{ N} \cdot \text{m}^2}$$

$$M_2 = 1000.56 \text{ N} \cdot \text{m} \rightarrow \text{Momento Mínimo}$$

2.3.2 Análisis a Fatiga del Eje

La Resistencia a la tensión (S_{U_t}) es de 630 MPa, como se indica en la Tabla 12. Por su parte, la resistencia a la fatiga (Se) está modificada debido a factores.

$$Se' = 0.5 \times S_{U_t} \quad (22)$$

$$Se' = 315 \text{ MPa}$$

Donde:

Se' = Límite de fatiga del material. Para aceros dúctiles ($Se' = 0.5 \times S_{U_t}$)

S_{U_t} =Resistencia máxima del material. Tabla 10 = 630 MPa

Factor de Corrección de Temperatura

Para temperaturas mayores a 200C

$$C_b = 0.6$$

Factor de Corrección por Superficie:

$$C_s = a \times S_{U_t}^b = 0.82 \quad (23)$$

Donde:

a =Factor para maquinado o laminado en fro=4.51.

b =Exponente para maquinado o laminado en fro= - 0.265.

S_{U_t} =Resistencia máxima del material. Tabla 10 = 630 MPa.

Factor de Confiabilidad Funcional:

$$C_r = 1 - AB = 0.72 \quad (24)$$

Donde:

A= 0.076 para aceros

B=dato de supervivencia del 99.99%=3.7

Factor de Corrección por esfuerzos residuales para material laminado o estirado en frío.

$$C_o = 1.3$$

Factor de Concentración de Esfuerzos K_f , para chaflán con bordes cortantes:

$$k_f = 2.5$$

$$Se = C_b \times C_r \times C_s \times C_o \times Se' = 145.06 \text{ MPa} \quad (25)$$

Se reemplazan los valores en la fórmula compatible con la norma AISI B106.1M-1985. [54]

$$\phi = \left[1.019 \times N \left[\left(\frac{k_f \times M_{max}}{Se} \right)^2 + 0.694 \left(\frac{T}{S_y} \right)^2 \right]^{1/2} \right]^{1/3} \quad (26)$$

$$\phi = 0.0376 \text{ m} \approx 37.6 \text{ mm} \approx 38 \text{ mm}$$

Verificación del factor de factor de seguridad según el manual de diseño mecánico de Shigley:

$$\phi = \left(\frac{32 \times M \times N_r}{\pi \times S_e} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (27)$$

$$N = 0.43$$

$$N_r = 0.43 < N = 1.7$$

Como se observa, el factor de seguridad requerido (N_r) es menor que el factor de seguridad de diseño (N), con lo cual el diámetro del eje ($\phi=38 \text{ mm}$) es aceptable.

Por otro lado, se realizó una comparación de algunos aceros para evaluar el dimensionamiento y aplicaciones, como se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14. Cuadro ponderativo de aceros analizados

Aceros	Diámetro calculado	Resistencia a la Fluencia (S_y)	Tratamiento Térmico	Aplicaciones
--------	--------------------	-------------------------------------	---------------------	--------------

AISI 1018 (CD)	39 mm	390 MPa	NO	Piñones, tornillos sin fin, pernos de dirección, pernos de cadena, catarinas, etc.
AISI 1045 (CD)	38 mm	530 MPa	NO	Flechas, piñones, engranes, pernos, tornillos, semiejes, ejes, cigüeñas, etc.
AISI 1060 (HR)	42 mm	370 MPa	NO	Discos de embrague, ejes de transmisión, portaherramientas, implementos agrícolas, etc.

Se selecciono el acero AISI-1045 por razones económicas, diseño y dimensionamiento. Además, hemos comparado materiales sin tratamiento térmico porque no precisamos dureza superficial.[55]

2.3.3 Selección de la Chumacera

Para la selección de la chumacera se considera el diámetro del agujero de 38mm. Bajo las condiciones de montaje, se selecciona el modelo UCP 208-24 que es una chumacera de rodamiento de bolas tipo soporte de pie, ideal para el acoplamiento con el eje y la estructura metálica. Las dimensiones y medidas de esta se detallan en el catálogo de SKF (Anexo 4).

2.3.4 Análisis Estático del Eje de Transmisión

La primera simulación estática del eje de transmisión considera los accesorios expuestos y la torsión que se ejerce en el eje. El análisis estático se realiza en el software SolidWorks siguiendo este procedimiento:

- Simulación.** Se selecciona simulación y estudio de análisis estático.
- Material.** Se aplica el material del eje de transmisión, que es el AISI 1045.
- Sujeciones y cargas.** Se selecciona como sujeción fija el estriado del eje y se introduce el torque en el lado del motor con una medida de $113.7 \text{ N} \cdot \text{m}$, generar mallado y ejecutar.
- Resultados de la primera simulación.**

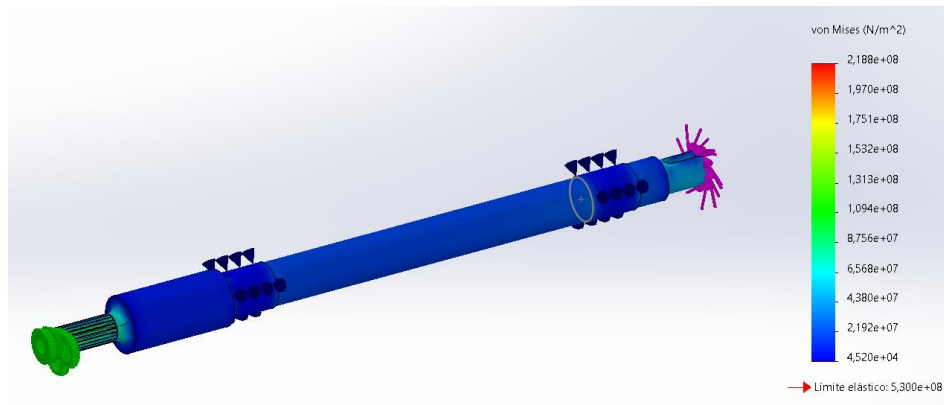


Figura 41. Análisis de tensión Von-Mises del eje de transmisión con un torque de $113.7 \text{ N} \cdot \text{m}$.

Elaborado por: Christopher Coloma y Humberto Reyes

Como se visualiza en la Figura 41, se alcanza una tensión máxima de 218.8 MPa cuando se aplican las cargas y el torque respectivo. Sin embargo, la tensión con la carga aplicada no alcanza el límite elástico de 530 MPa del material.

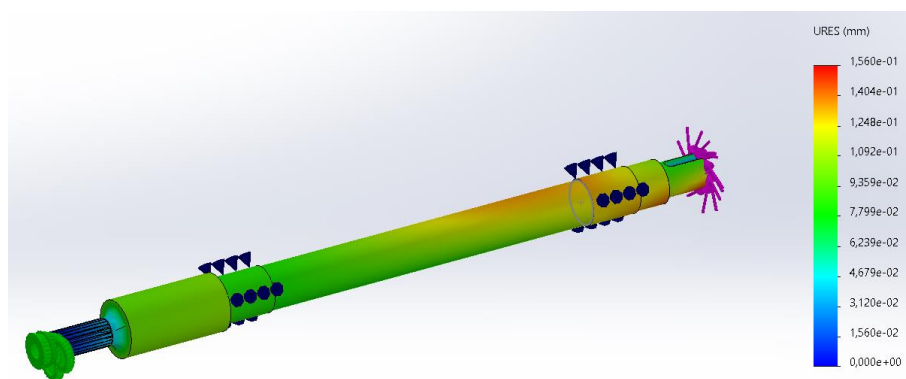


Figura 42. Análisis de desplazamiento del eje de transmisión con un torque de $113.7 \text{ N} \cdot \text{m}$.

Elaborado por: Christopher Coloma y Humberto Reyes

Por su parte, en la Figura 42 se puede identificar la deformación máxima del eje de transmisión, mismo que es de 0.16mm.

Con los cálculos obtenidos y el análisis del eje de transmisión, se procede a realizar el diseño final. El eje tiene un diámetro de 50mm, posteriormente se realiza un mecanizado en frío en el torno, dejando al eje de transmisión con las secciones de 50mm, 38mm y 30mm para la sujeción de los accesorios.

2.4 Análisis y diseño del pedal de freno

Para el diseño del pedal del freno se considera la ergonomía y comodidad para el uso del operador y la ubicación de la bomba maestra. Además, debido a que va a soportar

una carga máxima de 500 N; para calcular las deformaciones y tensiones, se realiza la simulación de esta carga hacia el pedal.

Para definir el material a utilizar en el pedal de freno, se ha elaborado un cuadro ponderativo que se muestra en la Tabla 15.

Tabla 15. Cuadro ponderativo para selección de material del pedal de freno

Tipo	Resistencia a la fluencia	Resistencia a la tracción	Limite elástico
Acero ATM A36	250 MPa	400 MPa – 550 MPa	250 MPa
Aluminio 6061 T6	-	262 MPa	241.31 MPa

Características y propiedades del acero estructural ASTM A36. Fuente: [56].

Debido a su disponibilidad, su buena soldabilidad y sus propiedades mecánicas, para la construcción del pedal se selecciona el acero ASTM A36.

2.4.1 Análisis de cargas del pedal de freno

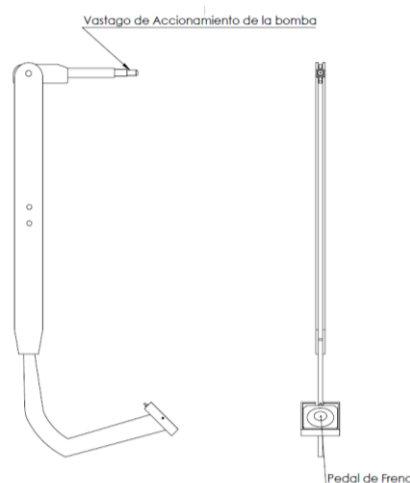


Figura 43. Diseño de palanca de freno.

Elaborado por: Christopher Coloma y Humberto Reyes

Para la simulación del pedal de freno se estableció una carga promedio de 500 N ya que es un análisis estándar. El análisis de carga se realiza con el software SolidWorks siguiendo este procedimiento:

- Simulación.** Se selecciona simulación y estudio de análisis estático.
- Material.** Se aplica el material, que es el acero ASTM A36.

c. **Sujecciones y cargas.** Se introduce la fuerza de 500 N aplicada en el área de contacto con el pie, generar mallado y ejecutar.

d. **Resultados.**

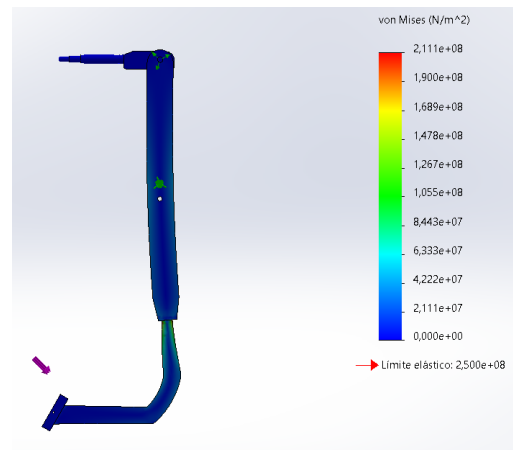


Figura 44. Análisis de carga en el pedal del freno.

Elaborado por: Christopher Coloma y Humberto Reyes

Como se visualiza en la Figura 44, la tensión máxima que alcanza es de 211 MPa cuando se aplica la carga especificada, la cual no sobrepasa el límite elástico de 250 MPa del material.

Comúnmente las cargas que se aplican en el pedal de freno varían de 200 N a 500 N, gracias a esto se verifica que el pedal trabaje en la zona elástica con un máximo esfuerzo de 64 MPa. Al ser aplicada la carga de 400 N, presenta un factor de seguridad de 3.9.

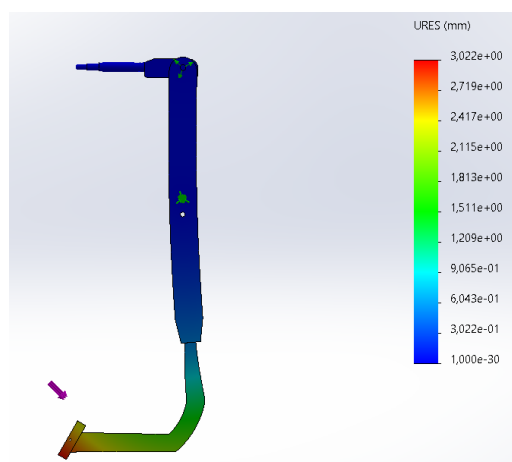


Figura 45. Análisis de desplazamiento en el pedal del freno.

Elaborado por: Christopher Coloma y Humberto Reyes

En la Figura 45 se puede apreciar cómo al aplicar la carga de 400 N, la deformación máxima del pedal de freno alcanza los 3.02mm.

2.5 Análisis y diseño de la chaveta

Para la sujeción entre el eje de transmisión y el acople del motor, se ha diseñado una chaveta según la norma DIN 6885 [57], para lo cual es necesario comprobar que las chavetas que se encuentran alojadas en los ejes soporten los esfuerzos a cizallamiento o aplastamiento. Además, esta misma norma establece las medidas que deben poseer (altura, longitud y base).

El material seleccionado para la chaveta del sistema de freno oleo hidráulico es el Acero AISI 1020, cuyas propiedades se encuentran detalladas en la Tabla 16 y que cuenta con un factor de seguridad 2, como se indica en la Tabla 13.

Tabla 16. Propiedades del material AISI 1020

Material	Resistencia a la tensión, MPa (Sut)	Resistencia a la fluencia, MPa (Sy)	Dureza Brinell
AISI 1020	470	390	131

Características y propiedades del acero estructural AISI 1020 se pueden observar en el Anexo 3. [52]

Con 30mm de diámetro para el eje, un ancho para la chaveta de $b = 9.7\text{mm}$ y una altura de $h = 9.5\text{mm}$, la chaveta se coloca en el eje donde se encuentra la brida que va a unida al motor. Cabe indicar que el Torque Máximo soportado es de $113.7\text{ N}\cdot\text{m}$.

$T = \text{Torque que recibe el Eje donde se sitúa la Chaveta} = 113.7\text{ N}\cdot\text{m}$

$\emptyset = \text{Diámetro del Eje} = 30\text{ mm}$.

Por Aplastamiento:

$$L_{\text{Aplastamiento}} \geq \frac{4 \cdot T \cdot n}{\emptyset \cdot h \cdot S_y} \quad (28)$$

$$L_{\text{Aplastamiento}} \geq 8.18\text{ mm}$$

Por Cizallamiento:

$$L_{\text{Cizallamiento}} \geq \frac{4 \cdot T \cdot n}{\emptyset \cdot b \cdot S_y} \quad (29)$$

$$L_{\text{Cizallamiento}} \geq 8.01\text{ mm}$$

Para la longitud de la chaveta, se siguen los siguientes criterios:

La longitud de la chaveta debe ser igual o mayor al valor más alto, calculado de los dos tipos de fallo mostrados anteriormente (cizalladura y aplastamiento).

La longitud de la chaveta debe cumplir:

$$\frac{3 \cdot b_{brida}}{4} \leq L_{chaveta} \leq b_{brida} \quad (30)$$

$$30 \text{ mm} \leq 34 \text{ mm} \leq 40 \text{ mm}$$

b_{brida} = longitud de brida= 40 mm

La longitud decisiva de la chaveta se consigue del catálogo del proveedor según la serie DIN-6885A, siendo el valor el más bajo y que además cumpla con las dos condiciones, de esta manera actuará como concentrador de tensiones en una menor sección del eje. Se define además que la chaveta será de un extremo redondeado.

Para la simulación de la chaveta, se realiza el análisis de carga en el software SolidWorks cumpliendo este procedimiento:

- Simulación.** Se selecciona simulación y estudio de análisis estático.
- Material.** Se aplica el material la chaveta la cual es el AISI 1020 estirado en frio CD.
- Sujeciones y cargas.** Como sujeción fija se toma la cara o superficie tangente al eje, se introduce una fuerza de 7580 N, aplicada en las superficies de contacto con el eje y las superficies de contacto con el acople o brida, generar mallado y ejecutar.
- Resultados.**

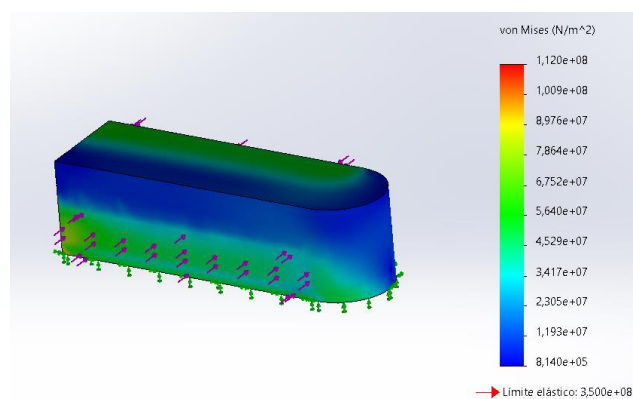


Figura 46. Análisis de carga en la chaveta.

Elaborado por: Christopher Coloma & Humberto Reyes

Como se visualiza en la Figura 46, la tensión máxima que alcanza es de 112 MPa cuando se aplica la carga especificada, y no sobrepasa el límite elástico de 350 MPa del material.

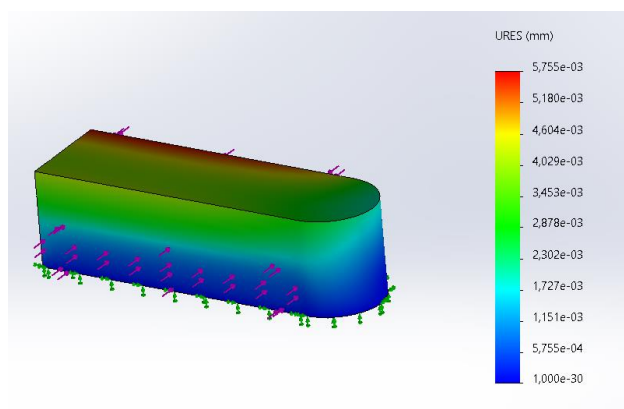


Figura 47. Análisis de desplazamiento en la chaveta.

Elaborado por: Christopher Coloma y Humberto Reyes

Así también, se calcula que la deformación máxima es 0,005755 mm.

2.6 Refrigeración del disco de freno del sistema de freno hidráulico

Para la refrigeración del sistema se selecciona un ventilador industrial PROFANTEC P1189HBT AC115V 17689 para refrigeración de alta temperatura. Además, con el fin de que el aire llegue directo al disco y no haya pérdidas, se realiza una transición que permite direccionar de una mejor manera el aire hacia el disco de freno (Anexo 13).

Tabla 17. Características del ventilador PROFANTEC P1189HBT.

RPM	3350RPM
Caudal	$363 \text{ m}^3/\text{min}$
Características del ventilador PROFANTEC	

2.7 Selección de sensores y equipos electrónicos

2.7.1 Sensor de efecto hall

Se seleccionó por sus características, como se muestra en la Tabla 18, debido a su conveniente tamaño, además de que se encuentra fijo en la estructura del sistema. Este sensor cumple adecuadamente con la función de contar las revoluciones por minuto y

transmitirlo al microcontrolador. Por otro lado, se adhirieron imanes de neodimio al disco para generar la respuesta eléctrica y hacer una medición del régimen de giro.

Tabla 18. Características de Sensor Efecto Hall

Características	
Tensión de Operación	5 VDC
Modelo	KY - 024
Sensor Hall	49-E
Comparador	LM-393
Posee orificio de instalación para facilitar uso y montaje	
Incorpora LED indicador de alimentación y LED indicador de salida digital	
Doble Salida	Digital On/Off y Análoga 0 - 5 VDC
Conexión de 4 hilos	
Dimensiones:	15 x 12 x 44 mm
Especificaciones técnicas del sensor de efecto hall seleccionado para el proyecto. [58]	

2.7.2 Celda de carga

Se selecciona por sus funciones y características que se detallan en la Tabla 19. La celda se ubica en el pedal y su información es enviada al microcontrolador para ser procesada; cabe indicar que cumple correctamente con la función de medir la carga que aplica el operador al pedal, hasta reducir la velocidad del disco de freno.

Tabla 19. Características de celda de carga

Características	
Parámetro	CHM3-D
Precisión	0.05%
Presión nominal Pn	50 kg – 150 kg
Máxima presión disponible de la Pu	200% ofPn
Salida nominal Vn	1 5 mv/v
Tolerancia Cero Zo	± 2% ofpn
Zero error de temperatura dos	0.05%/10k
Salida nominal error de temperatura	0.05%/10k
TVn	

Resistencia de entrada de Ri	$380 \pm 5\Omega$
Output Ro	$350 \pm 2\Omega$
Tensión U	4-12 V 12 V
Rango de temperatura de funcionamiento	-20 ~ + 70

Especificaciones técnicas de celda de carga de compresión seleccionada para el proyecto. [59]



Figura 48. Celda de carga.[59]

2.7.3 Módulo HX711

El módulo HX711 recibe la señal de la celda de carga para convertirla en valores numéricos que serán procesados por el microcontrolador Arduino. Sus características se pueden apreciar en la Tabla 20.

Tabla 20. Características de Módulo HX711

Características	
Chip	HX-711
Voltaje de Operación	5 VDC
Consumo de corriente	menor a 10 mA
Voltaje de entrada diferencial	± 40 mV
Resolución conversión A/D	24 bit
Frecuencia de lectura	80 Hz
Dimensiones	38 mm x 21 mm x 10 mm
Precisión de datos:	24 bit (convertidor A/D 24 bits)
Dos entradas diferenciales	

Especificaciones técnicas de módulo HX711 seleccionado para el proyecto. [60]

2.7.4 Placa arduino uno

Se seleccionó el microcontrolador Arduino por ser práctico y económico, además de tener otras características, Tabla 21. Este recibe la información de los sensores antes mencionados mediante fórmulas, las cuales son ingresadas en la programación; una vez que procesa la información recibida muestra los datos en el display.

Tabla 21. Características de Placa Arduino Uno

Características	
Microcontrolador	ATmega - 328P
Chip USB	ATmega - 16U2
Voltaje de Operación	5 V
Voltaje de alimentación	7-12 V recomendado
Pines digitales I/O	14 (6 salidas PWM)
Entradas analógicas	8
Corriente máxima entrada/salida	40 mA
Memoria flash	32 K
Memoria SRAM	2 K
Memoria EEPROM	1 K
Velocidad de reloj	16 Mhz

Especificaciones técnicas de placa Arduino seleccionada para el proyecto. [61]

2.7.5 Placa perforada baquelita cpl-101

Esta placa se seleccionó por su versatilidad para organizar las conexiones requeridas, adicionalmente es fácil de ubicar y cuenta con buenas características, Tabla 22.

Tabla 22. Características de Placa perforada baquelita cpl-101

Características	
Material	FR-2 Baquelita
Espesor del Soporte	1.5 mm
Espesor Capa de Cobre	35 µm
Acabado	Estaño
Paso entre orificios	2.54 mm
Dimensiones	100 mm x 160 mm

Especificaciones técnicas de la placa perforada cpl-101 seleccionado para el proyecto. [62]

2.7.6 Display LCD 2004

Se eligió el display LCD 2004 para mostrar los datos que son procesados en el microcontrolador Arduino de forma organizada, pues cuenta con especificaciones adecuadas para la función que debe cumplir, Tabla 23.

Tabla 23. Características de Display LCD 2004

Características	
Voltaje de Operación	5 V
Interfaz de comunicación	Paralelo 4 u 8 bits
Color Texto	Blanco
Backlight	Azul
Filas	4
Columnas: 20.	20

Especificaciones técnicas de lcd 2004 seleccionada para el proyecto. [63]

2.7.7 Pulsadores

Se decide utilizar los pulsadores PBS-110 por ser muy prácticos y de fácil manejo para el trabajo que van a realizar. Estos cumplen con la función de guardar los datos, mostrarlos y reiniciar los valores; su distribución se puede apreciar en la Figura 49 y sus características Tabla 24.

Tabla 24. Características de pulsadores

Características	
Tipo	Sin enclavamiento
Estructura de contacto	Abierto
Voltaje máximo	125 V
Corriente máxima	3 A
Diámetro	7 mm
Número de pines	2
Vida útil	Aproximadamente 10,000 operaciones mecánicas
Modelo	PBS-110

Especificaciones técnicas de pulsador seleccionado para el proyecto. [63]

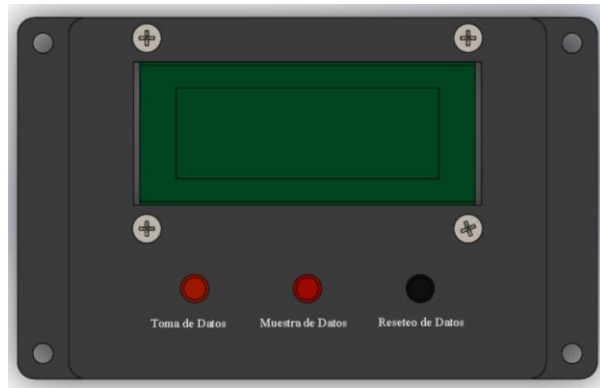


Figura 49. Cajetín de LCD 2004 y pulsadores.

Elaborado por: Christopher Coloma y Humberto Reyes

Tabla 25. Formato de datos

Descripción	Variable	Unidad
Fuerza de Frenado	x	N
Torque	x	$N \cdot m$
Velocidad	x	RPM
Potencia al Freno	x	kW

Formato en el que el display fue programado para mostrar datos.

Elaborado por: Christopher Coloma y Humberto Reyes

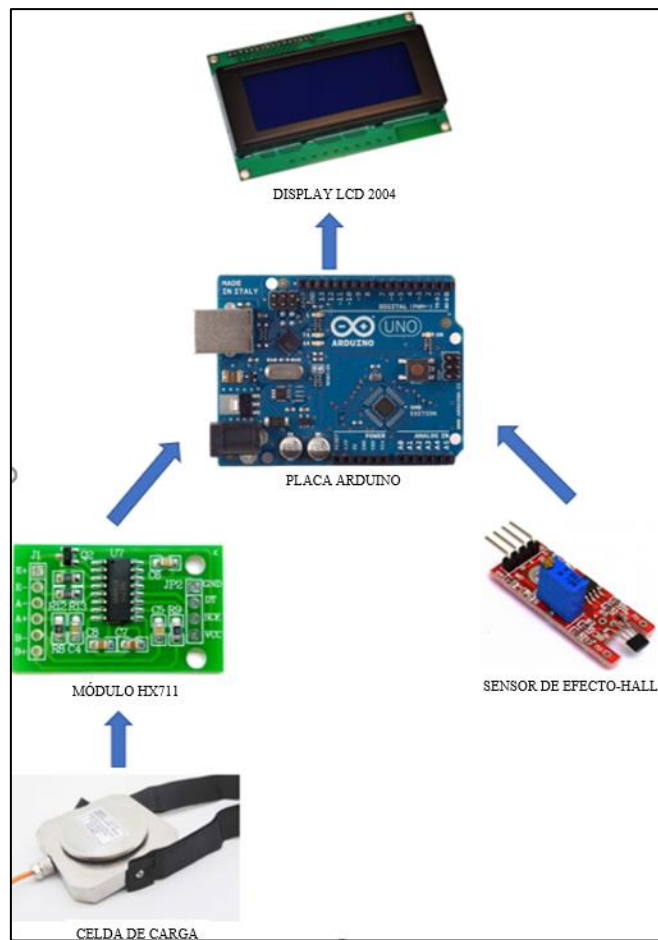


Figura 50. Esquema de comunicación de componentes del sistema y el esquema electrónico se encuentra en el Anexo 10.

Elaborado por: Christopher Coloma y Humberto Reyes



Figura 51. Datos mostrados en display del proyecto.

Elaborado por: Christopher Coloma y Humberto Reyes

2.8 Programación

La programación utilizada se presenta en el Anexo 11 a través de las siguientes ecuaciones.

2.8.1 Pedal de freno

Multiplica la fuerza que ejerce el pie del operador. De la estática elemental se comprueba que el incremento de la fuerza es similar a la fuerza que el usuario aplica multiplicado por la relación del pedal de freno, considerándolo como una palanca.

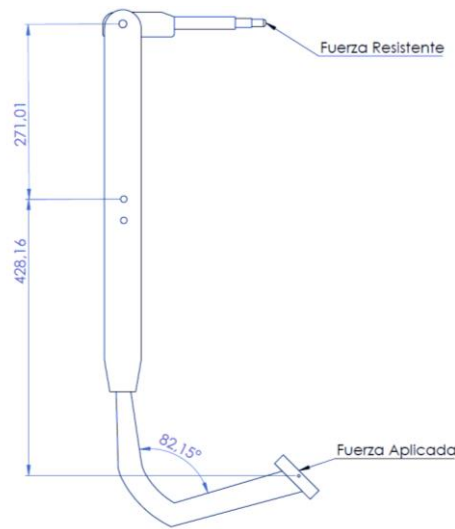


Figura 52. Disposición de Freno.

Elaborado por: Christopher Coloma y Humberto Reyes

$$F \times d_F = F_R \times d_R \quad (31)$$

$$F_R = F \times 1.5650$$

Donde:

F = Fuerza aplicada o actuante (Pedal) (N) = $F \times \cos(7.85)$.

F_R = Fuerza Resistente o Resultante (Vástago de accionamiento de bomba) (N).

d_F = distancia desde F al punto (mm) = 428.16 mm.

d_R = distancia desde F_R al punto (mm) = 271.01 mm.

2.8.2 Torque del motor

Es la fuerza torsional que genera el motor desde su eje principal hasta el diferencial del vehículo [3].

$$T = F \times l \quad (32)$$

Donde :

T = Torque del motor ($N \cdot m$).

F = Fuerza de Frenado (N).

l = longitud del brazo= 0.727 m .

d_R = distancia desde F_R al punto (mm)= 271.01 mm .

2.8.3 Potencia al freno

Se obtiene del eje del motor [3].

$$P_F = T \times w$$

$$P_F = T \times rpm \times \frac{2\pi}{60} \text{ rad}$$

Donde:

P_F =Potencia al freno (kW).

T = Esfuerzo de torsión o par generada en el eje del motor ($N \cdot m$).

rpm = revoluciones por minuto a la que gira el disco (rpm).

2.8.4 Presión Media Efectiva al Freno

Es la presión teórica promedio que se ejerce durante cada carrera para producir una potencia igual a la del freno [3].

$$PFMEF = \frac{P_F}{V_D} \quad (33)$$

Donde:

$PFMEF$ =Presion media efectiva al freno (kN/m^2).

P_F = Potencia al freno (kW).

V_D = Consumo masico de aire ideal (m^3/s).

$$V_D = n \times \pi \times \left(\frac{D^2}{4}\right) \times L \times \left(\frac{N}{60k_2}\right) \quad (34)$$

$$V_D = n \times \pi \times \left(\frac{D^2}{4} \right) \times L \times \left(\frac{N}{60k_2} \right)$$

Donde:

n = Número de cilindros = 4.

D = Diámetro del cilindro del motor = 0.0079 m.

k_2 = Constante del motor de 4 tiempos = 2

L = Carrera del pistón = 0.0764 m

N = Revoluciones por minuto (rpm).

CAPITULO III

PRUEBAS Y RESULTADOS

3.1 Introducción

En la siguiente sección se muestran los resultados obtenidos del proyecto. En este sentido, una vez aplicados los instrumentos de recolección de datos se procedió a realizar los ensayos correspondientes para analizarlos, los cuales fueron ejecutados bajo los parámetros del motor de combustión interna, considerando las velocidades habituales de operación de un automotor utilizado en la vida diaria.

Además, se muestran los datos obtenidos durante las pruebas realizadas con el sistema de freno hidráulico. Para la correcta recolección de datos se recomienda revisar el Manual de Operación y Mantenimiento, en el Anexo 6.

3.2 Parámetros iniciales de funcionamiento del banco de pruebas

Se configura la velocidad del motor en 1500 rpm, luego de que haya alcanzado una temperatura del refrigerante de trabajo de 85°C. Después de 8 minutos, se estabiliza el motor y está listo para las pruebas. Además, se debe verificar el correcto funcionamiento de los otros equipos de medición, tal como se detalla en todo el procedimiento de ensayos en el Anexo 11.

3.3 Tabulación de datos

Se ingresan en una hoja de Excel los datos recopilados durante todos los ensayos, así como todas las ecuaciones de los parámetros relacionados con el funcionamiento del motor, para obtener los resultados a ser analizados. Los diferentes valores tienen un intervalo de estabilidad de 10 segundos y se obtienen 11 velocidades.

3.4 Cálculo de torque

Hace referencia al torque que ejerce el disco de freno en relación con la fuerza de fricción que se genera en las superficies de las pastillas de freno. Se muestra los datos para el análisis, Tabla 26 y Tabla 27 resultados.

Tabla 26. Datos para el análisis de Torque

Descripción	Símbolo	Unidad	Valor fijo
Torque	Tq	N · m	
Fuerza	F	N	
Longitud del brazo	l	m	0,727

Tabla de variables para calcular el torque.

Elaborado por: Christopher Coloma y Humberto Reyes

Tabla 27. Recopilación y análisis de datos para el Torque

Ecuación		Tq=F×l	
Unidad	N · m	N	r/min
Item	Tq	F	
1	143,4	197,3	4.600
2	179,7	247,1	4.100
3	204,6	281,5	3.800
4	243,1	334,4	3.500
5	274,8	377,9	3.100
6	304,2	418,4	2.700
7	340,6	468,6	2.100
8	357,4	491,6	1.900
9	371,7	511,3	1.800
10	388,1	533,8	1.600
11	404,7	556,6	1.400

Tabla de valores medidos durante el primer experimento realizado para calcular el torque.

Elaborado por: Christopher Coloma y Humberto Reyes

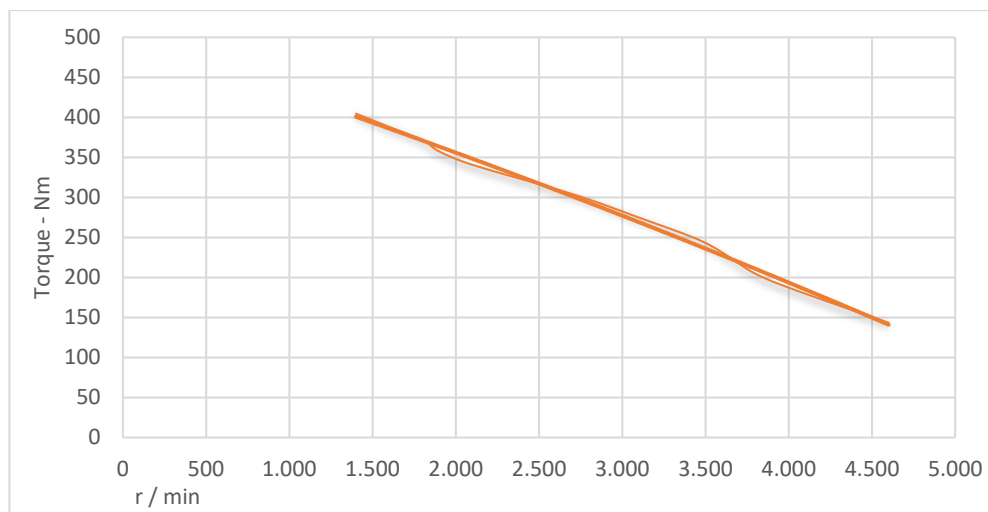


Figura 53. Representación de análisis de Torque.

Elaborado por: Christopher Coloma y Humberto Reyes

En la curva del torque vs. revoluciones por minuto, se evidencia que el motor a bajas revoluciones presenta un torque alto. Esto se debe a que el sistema de distribución y de encendido se desempeñan correctamente, lo que permite el llenado del cilindro y un encendido más eficiente.

A medida que aumentan las revoluciones por minuto del motor, se observa una disminución de torque debido a que todo el sistema de distribución impide que el llenado del cilindro sea completo, pues el torque, especialmente, se da en función de la presión que generan los gases en combustión.

3.5 Cálculo de potencia al freno

Esta es la potencia obtenida a partir del torque del disco de freno.

Tabla 28. Datos para el análisis de Potencia al freno

Descripción	Símbolo	Unidad
Potencia al freno	Pf	Kw
Velocidad angular	ω	rad/s
Revoluciones	rpm	r/min

Tabla de variables para calcular la potencia al freno.

Elaborado por: Christopher Coloma y Humberto Reyes

Tabla 29. Compilación de datos y análisis para el cálculo de potencia al freno

Ecuación	$P_f = T_q \times \omega$		$\omega = 2\pi N/60$	
Unidad	kW	N · m	rad/s	r/min
Item	Pf	Tq	ω	N
1	69,1	143,4	481,7	4.600
2	77,1	179,7	429,4	4.100
3	81,4	204,6	397,9	3.800
4	89,1	243,1	366,5	3.500
5	89,2	274,8	324,6	3.100
6	86,0	304,2	282,7	2.700
7	74,9	340,6	219,9	2.100
8	71,1	357,4	199,0	1.900
9	70,1	371,7	188,5	1.800
10	65,0	388,1	167,6	1.600
11	59,3	404,7	146,6	1.400

Tabla de valores medidos durante el primer experimento para calcular la potencia al freno.

Elaborado por: Christopher Coloma y Humberto Reyes

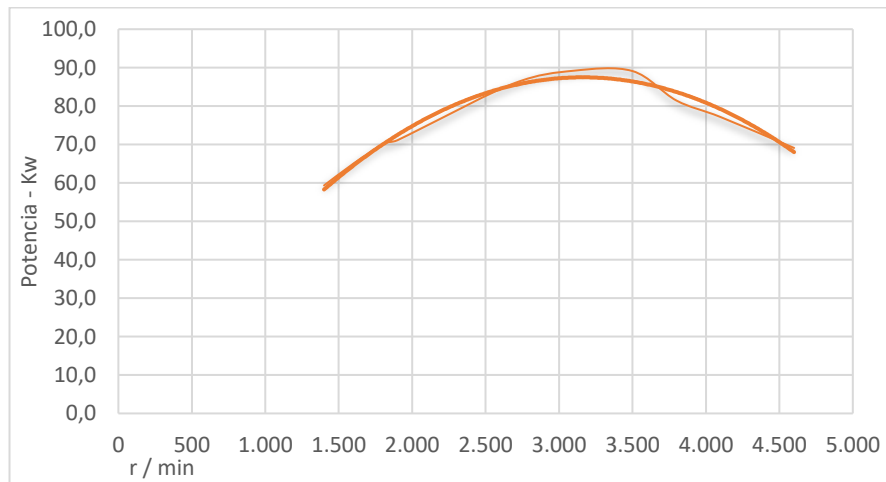


Figura 54. Representación de análisis de Potencia al Freno.

Elaborado por: Christopher Coloma y Humberto Reyes

En la curva de potencia vs. revoluciones por minuto, se demuestra que la potencia alcanzada desde bajas revoluciones es alta. Esto se debe a la eficiencia volumétrica del motor que incrementa la potencia del freno, a causa de las revoluciones por minuto del motor.

La curva presenta un valor máximo debido a que el llenado del cilindro se optimiza. Sin embargo, la curva comienza a decaer debido a que el torque va disminuyendo, a pesar de que el número de ciclos por minuto se incrementa.



Figura 55. Datos obtenidos en el experimento de prueba del proyecto.

Elaborado por: Christopher Coloma y Humberto Reyes

3.6 Presión media efectiva al freno

Se ejerce durante cada carrera para producir. A continuación, Tabla 30 se detalla los datos para el análisis de presión media efectiva.

Tabla 30. Datos para el análisis de presión media efectiva al freno

Descripción	Símbolo	Unidad	Valor fijo
Presión media efectiva al freno.	PMEF	kN/m^2	
Número de cilindros.	n		4
Consumo másico de aire ideal.	V_D	m^3/s	
Diámetro del cilindro del motor.	D	m	0.0779
Constante de motor de 4 tiempos.	k_2		2
Carrea de pistón	L	m	0.0764
Revoluciones.	N		

Tabla de variables para calcular la presión media efectiva al freno.

Elaborado por: Christopher Coloma y Humberto Reyes

Tabla 31. Recopilación y análisis de datos para la presión media efectiva al freno

Ecuación	$PMEF = \frac{P_F}{V_d}$	$V_D = n \times \pi \times \left(\frac{D^2}{4}\right) \times L \times \left(\frac{N}{60k_2}\right)$
Unidad	kN/m ²	W
Item	PMEF	Pf
		m ³ /s
		V _D
		r/min
		N
1	1.237,6	69.098,8
2	1.550,1	77.138,1
3	1.765,3	81.423,6
4	2.097,5	89.106,0
5	2.370,6	89.198,6
6	2.624,6	86.014,4
7	2.939,0	74.911,8
8	3.083,5	71.110,9
9	3.206,8	70.061,3
10	3.348,0	65.019,4
11	3.491,3	59.327,4

Valores medidos durante el primer experimento para calcular la presión media efectiva al freno.

Elaborado por: Christopher Coloma y Humberto Reyes

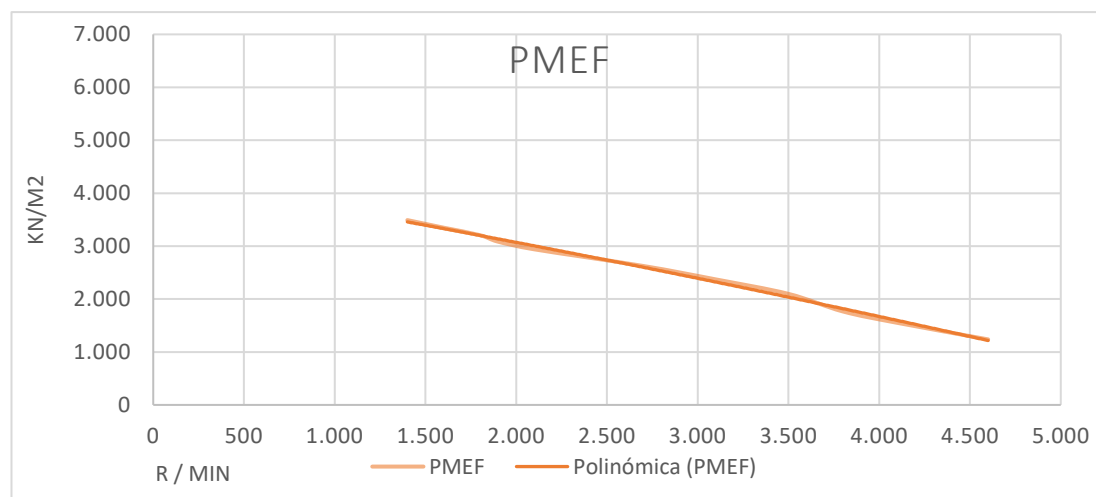


Figura 56. Representación de análisis de Potencia media efectiva al Freno.

Elaborado por: Christopher Coloma & Humberto Reyes

En la curva de presión media efectiva vs. revoluciones por minuto, se visualiza que el comportamiento del motor a bajas revoluciones tiene un valor idóneo; esto se debe a que este es un parámetro de desempeño en función de la potencia al freno. En ese

sentido, el valor obtiene un punto máximo debido a que a bajas revoluciones el llenado del cilindro es mucho mayor, pese a que el número de ciclos por minuto se va incrementando.

Por otro lado, a mayor ingreso de mezcla combustible, se genera una mayor fuerza expansiva de los gases en combustión. Como resultado final, se puede inferir que el sistema de freno hidráulico está en la completa capacidad de encontrar todos los valores importantes de trabajo de un MCI.

CAPITULO IV

ANÁLISIS DE LOS COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS

4.1 Introducción

En la siguiente sección se presentan los costos directos e indirectos que se consideran durante el desarrollo del proyecto.

4.2 Costos directos

Son todos los materiales que forman parte del sistema de freno hidráulico y están divididos en tres partes:

1. Accesorios de freno.
2. Material metalmecánico.
3. Material electrónico y de control.

Estos costos están relacionados con la construcción del sistema, partes del freno oleo hidráulico, estructura que soporta todo el sistema de freno hidráulico, tablero de control, sensores, conexiones eléctricas y electrónicas, garruchas y pintura de los componentes metálicos, etc. En la Tabla 32, se puede visualizar todo el detalle.

Tabla 32. Detalle costos directos

Descripción de costo	Valor
Accesorios de freno	
Disco de freno	\$ 66
Bomba de freno	\$ 34
Pastillas	\$ 28
Mordaz o Caliper	\$ 40
Araña	\$ 42
Material metalmecánico	
Tubo Estructural	\$ 49,76
Tol 0,7 mm	\$ 26
Plancha 6 mm	\$ 12,70
Eje de transmisión 1045	\$ 13,48
Chumaceras	\$ 20
Material electrónico y de control	
Arduino	\$ 10,94

LCD 2004	\$ 9,90
Sensor efecto hall	\$ 2,50
120 cables jumpers	\$ 7,77
Placa circuito impreso	\$ 10
3 pulsadores	\$ 1,20
Protector display	\$ 35
Potenciómetro	\$ 0,35
Modulo XH711	\$ 4,50
Celda de carga	\$ 201,37
Cargador 12V	\$ 3,50
4 imanes	\$ 2,72
Total	\$ 621.69

Tabla de costos directos.

Elaborado por: Christopher Coloma y Humberto Reyes

4.3 Costos indirectos

Los costos indirectos se derivan de aquellos materiales o servicios que no son parte del sistema de frenos hidráulico y, de igual manera, se encuentran divididos en tres grupos:

1. Asistencia técnica
2. Pruebas de funcionamiento
3. Imprevistos

Estos costos surgieron después de culminar el proyecto y se basan en el consumo de materiales utilizados durante los ensayos y afinación del funcionamiento, por ejemplo, gasolina, líquido refrigerante, etc. El detalle se encuentra en la Tabla 33 y 34.

Tabla 33. Costo de asistencia técnica

Tipo de costo	Valor
Asistencia técnica	\$ 150
Pruebas de funcionamiento	\$ 90

Tabla de costos de asistencia técnica.

Elaborado por: Christopher Coloma y Humberto Reyes

Tabla 34. Resumen de Costos por categoría

Tipo de Costo	Valor
Disco de freno	\$ 66
Bomba de freno	\$ 34
Pastillas	\$ 28
Mordaza o Caliper	\$ 40
Araña	\$ 42
Arduino	\$ 10,94
LCD 2004	\$ 9,90
Sensor efecto hall	\$ 2,50
120 cables jumpers	\$ 7,77
Placa circuito impreso	\$ 10
3 pulsadores	\$ 1,20
Protector display	\$ 35
Potenciómetro	\$ 0,35
Modulo XH711	\$ 4,50
Celda de carga	\$ 201,37
Cargador 12V	\$ 3,50
4 imanes	\$ 2,72
Asistencia técnica	\$ 150
Pruebas de funcionamiento	\$ 90
Total	\$ 739.75

Tabla de resumen de costos por categoría.

Elaborado por: Christopher Coloma y Humberto Reyes

El valor total del proyecto es de \$739,75 (dólares americanos), cifra que se considera un precio aceptable para implementar una mejora tecnológica en el banco de pruebas. En el Anexo 8 se presentan algunas facturas relacionadas con el tema.

CONCLUSIONES

El sistema de freno hidráulico, permite medir de una manera rápida y precisa los parámetros de torque, potencia al freno y presión media efectiva al freno, gracias a los sensores implementados.

El sistema de freno hidráulico es un diseño de operación fácil y rápida, gracias a que el freno de disco y su sistema de bomba y mordaza generan una acción inmediata al presionar el pedal.

El funcionamiento del motor está definido por las gráficas del torque, potencia al freno y presión media efectiva al freno; con las mismas es posible apreciar claramente si un motor cumple o no con las necesidades del fabricante. Cabe indicar que las gráficas muestran la potencia que desarrolla un motor a una determinada velocidad y su torque máximo.

Mediante este proyecto se logró la optimización de los resultados obtenidos con relación al cálculo manual anterior.

El diseño y construcción del sistema de freno hidráulico, fue sometido a pruebas de funcionamiento y ensamble que permitieron comprobar su factibilidad y operatividad.

Mediante las pruebas a las cuales se sometió este proyecto, se concluye que a partir de las 4000 revoluciones por minuto, se generan vibraciones que no permiten recabar valores adecuadamente, provocando inestabilidad en el sistema debido a la sensibilidad de los sensores.

RECOMENDACIONES

Para que las prácticas sean más sencillas es necesario conocer el funcionamiento básico del sistema de freno hidráulico, así se podrá evitar incidentes o accidentes durante las prácticas de laboratorio.

Es necesario usar protectores auditivos, además del equipo de protección personal.

Es recomendable no sobrepasar las 3800 RPM, tomando en cuenta que el freno de disco es de fricción y genera calor, por lo que al alcanzar altas temperaturas puede cristalizarse.

Se aconseja actualizar el tablero de control del banco de pruebas, ya que con el avance de la tecnología es posible mejorar su funcionamiento.

Se debe realizar un reajuste periódico de las partes del sistema, dado que por la vibración del banco se aflojan las sujeciones del sistema.

Se recomienda revisar el manual de operación y manual de mantenimiento en los Anexos 6, 7 y 8.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. Feijoo & V. García, “Adecuación del banco dinamométrico marca Armfield CM11 para el acoplamiento de diferentes motores ciclo Otto”, Tesis de Grado, Ingeniería Mecánica Automotriz, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, 2016.
- [2] E. Gálvez, “Diseño de un banco de pruebas para motores de combustión interna”, Tesis de Grado, Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2013.
- [3] J. Hidalgo & J. Quishpe, “Diseño y construcción de un banco de pruebas para un motor de combustión interna de 1.4 cc de cilindraje para la Universidad Politécnica Salesiana”, Tesis de Grado, Ingeniería Mecánica, Universidad Politécnica Salesiana, Quito, 2011.
- [4] I. Gómez (2008, Oct 4). “Ensayo de m.c.i. alternativos”. [Online]. Available: <http://www.ehu.eus/mmtde/bancomot.htm>.
- [5] A. Velasteguí, “Los materiales de fricción y su influencia en la eficiencia de frenado”, Tesis de Grado, Colegio de Ciencias e Ingeniería, Universidad San Francisco de Quito, , 2015.
- [6] AREATECNOLOGIA (s.f.). “Sistema de frenos”. [Online]. Available: <https://www.areatecnologia.com/mecanismos/sistema-de-frenos.html> (accessed Jul. 30, 2021).
- [7] E. Domínguez and J. Ferrer, *Sistemas de transmisión y frenado*. Madrid: Editex, S.A, 2012.
- [8] D. Carpio, “Diseño y construcción del sistema de frenos de un vehículo de competencia formula sae eléctrico”, Universidad Politécnica Salesiana, Tesis de Grado, Carrera de Ingeniería Automotriz, Cuenca, 2018.
- [9] “Deposito liquido freno”, La bodega de los repuestos, <https://labodegadelosrepuestos.com/producto/deposito-liquido-freno/> (accessed Jul. 30, 2021).
- [10] Kashima University (s.f.). “Bomba de frenos: Descripción”. [Online]. Available: <http://kashima.campuseina.com/mod/book/view.php?id=7599> (accessed Oct. 08, 2020).
- [11] J. Albarrán (s.f.). “¿Conoces el funcionamiento de la bomba de frenos?”. [Online]. Available: http://www.blogmecanicos.com/2019/02/conoces-el-funcionamiento-de-la-bomba_18.html (accessed Jul. 30, 2021).

- [12] “Mangueras de goma de retorno de líquido de frenos”, Goodyou Elastomer Technology Solution, Xiamen, https://es.xmgoodyou.com/brake-fluid-return-rubber-hoses_p13.html (accessed Oct. 06, 2020).
- [13] J. Shiguango & A. Farinango, “Implementación de un tablero didáctico de un sistema de frenado hidráulico con accionamiento manual, control de parada y presión de frenado electrónico, para el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH”, Tesis de Grado, Escuela de Ingeniería Automotriz, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2012.
- [14] W. Montero & J. Navas, “Diseño y construcción de dos bancos didácticos funcionales del sistema de frenos hidráulico mixto disco-tambor”, Tesis de Grado, Carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, 2012.
- [15] Kashima University (s.f.). “Pedal de freno: Descripción”. [Online]. Available: <http://kashima.campuseina.com/mod/book/view.php?id=7593> (accessed Oct. 08, 2020).
- [16] Mecánicabásicacr (2015, Nov 20). “Mi auto se empieza a frenar al poco tiempo de transitar”. [Online]. Available: <https://mecanicabasicacr.com/frenos/mi-auto-se-empieza-a-frenar-al-poco-tiempo-de-transitar.html/>.
- [17] L. Gutiérrez Benítez & C. Corrales, “Diseño de un freno prony para la medición de potencia”, Tesis de Grado, Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad EFIT, Medellín, 2008.
- [18] J. Muriel (s.f.). “Diseño de un freno tipo Prony para la medición de potencia en un banco de turbinas Hidráulicas”. [Online]. Available: <https://pdfcoffee.com/freno-prony-para-turbina-hidraulica-4-pdf-free.html> (accessed Oct. 06, 2020).
- [19] M, Sánchez, “Diseño y construcción de un medidor hidráulico de torque”, Tesis de Grado, Carrera de Ingeniería Electromecánica, Escuela Politécnica del Ejército, Latacunga, 2007.
- [20] L. B. Tamayo Nieto, “Estudio de la eficiencia de frenado para valorar pastillas de freno de producción nacional mediante norma ECE13H,” Universidad Internacional del Ecuador, Quito, 2016.

- [21] E, PereiraErika (s.f.). “Mecánica Automotriz Básica”. [Online]. Available: <http://erikapereira10cpry02.blogspot.com/2017/04/instituto-tecnologico-superior-central.html>.
- [22] G. M. García Orozco (s.f.). “Partes del sistema de frenos de disco”. [Online]. Available: <https://www.pruebaderuta.com/partes-del-sistema-de-frenos-de-disco.php>
- [23] Á. Ferrer (2015). “Frenos de disco y de tambor: Cómo son y cómo funcionan”. [Online]. Available: www.Autonacion.com
- [24] Midas (2017, Ene 18). “Consejos y Mantenimiento, Frenos”. [Online]. Available: <https://blog.midas.es/consejos-y-mantenimiento/frenos-coche-tipos/>.
- [25] J. Pérez (2018). “Eficiencia de frenada” . [Online]. Available: <http://www.blogmecanicos.com/2018/11/la-eficiencia-de-frenado-es-la.html>.
- [26] A. Navas and H. Tioli, “Diseño y construcción de celdas de carga para comprobaciones intermedias de máquinas de fuerza,” Revista Ingeniería, San José, Costa Rica, pp. 57–68, 2012.
- [27] HBM Company (s.f.). “Explicación del puente de Wheatstone”. [Online]. Available: <https://www.hbm.com/es/7163/el-puente-de-wheatstone-galgas-extensometricas/>
- [28] B. Bellini, “Sensores de presión utilizados en las plataformas de fuerza aplicadas al estudio de la posturografía”, Núcleo de Ingeniería Biomédica, 2009.
- [29] “Celda de carga de compresión - 0.125 - 250 kN | LBM series - Interface, Inc. - de tipo botón / de acero inoxidable / de galga extensométrica” <https://www.directindustry.es/prod/interface-inc/product-7394-917265.html> (accessed May 09, 2020).
- [30] “Células de carga de tensión o compresión subminiatura Serie LCMFD.” <https://es.omega.com/pptst/LCMFD.html> (accessed May 09, 2020).
- [31] “Celda de carga de compresión - SIWAREX WL270 CP-S SA - Siemens Process Instrumentation - encapsulada / de acero inoxidable / de galga extensométrica.” https://www.directindustry.es/prod/siemens-process-instrumentation/product-18343-1109989.html#product-item_1109993 (accessed May 09, 2020).

- [32] “Celdas de carga tipo viga | Secoin.”
<https://www.secoin.com.uy/productos/balanzas-y-componentes-de-pesaje/componentes-de-pesaje/celdas-de-carga/celdas-de-carga-tipo-viga>
 (accessed May 09, 2020).
- [33] E. Omega, “Células de carga, sensores de fuerza y transductores de par.”
<https://es.omega.com/section/extensometros-fuerza-sensores-caudal.html>
 (accessed jun. 08, 2021).
- [34] G. Mercado and K. Guerrero (2019, Feb). “Diseño de un prototipo de un sistema digital portátil de valoración del grado de desnutrición en los niños entre 0 a 2 años.” [Online]. Available:
<https://core.ac.uk/download/pdf/250146282.pdf>.
- [35] NAYLAMP MECHATRONICS, “Módulo HX711 Transmisor de celda de carga.” <https://naylampmechatronics.com/sensores/147-modulo-hx711-transmisor-de-celda-de-carga.html> (accessed jun. 02, 2021).
- [36] H. K. Kondaveeti, N. K. Kumaravelu, S. D. Vanambathina, S. E. Mathe, and S. Vappangi, “A systematic literature review on prototyping with Arduino: Applications, challenges, advantages, and limitations,” *Comput. Sci. Rev.*, vol. 40, p. 100364, May 2021. Doi: 10.1016/j.cosrev.2021.100364.
- [37] D. Wheat, “Arduino Software,” in *Arduino Internals*, Apress 2011.
- [38] MICROCONTROLADORESS (2021). “Arduino UNO”. [Online]. Available:
<https://microcontroladoress.com/arduino/arduino-uno/> (accessed jun. 02, 2021).
- [39] Antala, (2009, Nov 15). “Qué es una PCB o placa de circuito impreso.” [Online] Available: <https://www.antala.es/pcb-que-es-placa-circuito-impreso/>
- [40] Electrónica SMD (s.f.). “Placa para Circuitos Impresos (pcb)”. [Online]. Available: <https://www.electronicasmd.com/productos/material-para-circuito-impreso/placas/> (accessed jun. 26, 2021)
- [41] AV ELECTRONICS (s.f.). “LCD 2004”. [Online]. Available:
<https://avelectronics.cc/producto/lcd-2004/> (accessed Jun. 13, 2021).
- [42] AREATECNOLOGIA (s.f.). “Pulsador”. [Online]. Available:
<https://www.areatecnologia.com/electricidad/pulsador.html> (accessed Jun. 13, 2021).

- [43] AV ELECTRONICS (s.f.). “Mini Pulsador SPST”. [Online]. Available: <https://avelectronics.cc/producto/mini-pulsador-spst/> (accessed Jun. 13, 2021).
- [44] NAYLAMPMECHATRONICS (s.f.). “Sensor de efecto Hall SS49E”. [Online]. Available: <https://naylampmechatronics.com/sensores-proximidad/232-sensor-de-efecto-hall-ss49e.html> (accessed Jun. 05, 2021).
- [45] Blog de Automóviles, (2011, Jul 11). “El generador de impulsos de «Efecto Hall».” [Online] Available: <https://blogdeautomoviles.com/el-generador-de-impulsos-de-efecto-hall/>
- [46] E. Omega (2003). “¿Qué son las galgas extensiométricas? ¿Cómo se usan?,” Galgas Extensométricas”. [Online]. Available: <https://es.omega.com/prodinfo/galgas-extensiometricas.html> (accessed May 09, 2020).
- [47] HBM Company, (s.f). “Transductores de fuerza basados en galgas extensométricas | HBM.” [Online]. Available: <https://www.hbm.com/es/2636/transductores-de-fuerza-basados-en-galgas-extensometricas/> (accessed May 09, 2020).
- [48] G. Rodríguez Rodríguez, A. Hernández González, A. López Llanusa, and J. Ramírez Beltrán, “Sistema para la medición de deformación usando galgas extensiométricas metálicas,” *Rev. Científica Ing. Electrónica, Automática y Comun.*, 2016. Doi: 10.1234/rielac.v37i1.330.
- [49] L. Mónico, M. Bogotá, and C. Casas, “Diseño de un banco de pruebas para caracterizar motores de combustión interna y eléctricos,” Medellín: Actas Ing., 2016. p.304
- [50] R. Bordonal & A. De Souza, “Análisis numérico del comportamiento global de un motor de combustión interna”, Tesis de Grado, Ingeniería Mecánica, Universidad Federal de Uberlândia , 2016.
- [51] Material mundial., “Acero ASTM A36, Acero A36 Propiedades, Ficha Técnica, Dureza, Densidad Estructural PDF - Material Mundial Grados.”
- [52] R. G. Budynas & J. K. Nisbett, *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*, 9na ed. México: McGRAW-HILL, 2012.
- [53] V. Faires, *Diseño de Elementos de Máquinas*, 4ta ed. Barcelona.
- [54] G. Bavaresco (s.f). “Procedimiento para el Diseño de Ejes para el Diseño de Ejes”. [Online]. Available:

https://gabpingenieria.weebly.com/uploads/2/0/1/6/20162823/diseo_de_ejes.pdf

- [55] Renson, (s.f). “Tabla comparativa de Aceros”. [Online]. Available: https://gc.scalahed.com/recursos/files/r145r/w1371w/Archivos_U4/1.pdf
- [56] F. Hidalgo, “Análisis experimental de esfuerzos aplicaciones con galgas extensométricas”, Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Autónoma de Nuevo León, 1995.
- [57] Rodamientos Vigo, (s.f). *Chaveta según la normativa UNI 6604-69-din 6885*. [Online]. Available: <https://rodavigo.net/catalogos/LASIOM/07Transmisión/LASIOM 11 Chavetas.pdf>
- [58] Gotronic, FR. (2018). “Linear Magnetic Hall Sensor KY-024”. [Online]. Available: <https://www.gotronic.fr/pj2-sen-ky024-manual-1933.pdf> .
- [59] AliExpress (s.f), “Calt seonsor”. [Online]. Available <https://es.aliexpress.com/item/32922919053.html>
- [60] Avia, (2016). “24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales”. [Online]. Available: https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711_english.pdf
- [61] A. P. Soares, “Arduino Uno R3,” Pololu Corp., pp. 3–14, 2018, Accessed: Jun. 21, 2021. [Online]. Available: <https://avelectronics.cc/producto/uno-r3/>.
- [62] Cetronic (s.f.), “Perforadoras”. [Online]. Available: <https://www.cetronic.es/sqlcommerce/disenos/plantilla1/seccion/producto/DetalleProducto.jsp?idIdioma=&idTienda=93&codProducto=303060018&cPath=1407>

ANEXOS

ANEXO 1

ACCESORIOS DE SISTEMA DE FRENADO.



Figura 57.Disco de freno.[64]



Figura 60.Bomba maestra.[67]



Figura 58.Mordaza de freno.[65]



Figura 61.Araña de punta de eje.[68]



Figura 59.Pastillas de Freno.[66]



Figura 62.Punta de Eje.[69]

ANEXO 2

CATALOGO DE DISCO DE FRENO.




						MEDIDAS					
MODELO	AÑO	CARACTERÍSTICA ESPECIAL	TRW	D / T	S/Sólido V/Ventil	Ø	Espesor de Pista	Espesor Mínimo	Altura total	Ø central	Orificios
											
CHEVROLET											
Astra	1995-...	1.8L	RCDI00810	D	S	256	24	22	41	60	6
	01/99-...	1.8 8V (Llanta 13")	RPDI02010	T	S	240	10	8	42	57	4
		2.0 8V (Llanta 13")	RPDI02610	T	S	264	10	8	42	65,5	5
	1999 - 2011	1.8, 2.0 (Llanta 13) 2.0 (Llanta 15)	RCDI01970	D	V	256	24	21	41	60	6
		2.0 16V	RPDI01220	T	S	286	10	8	69,2	65,5	5
	2001-2005	2.0 16V (Llanta 15")	RCDI03630	D	V	280	25	22	42	70	5
		2.0 16V (Llanta 15")	RPDI02610	T	S	264	10	8	42	65,5	5
	2001-2006	2.0 8V	RPDI01210	T	S	270	10	8	69,2	57	4
	2001-2009	1.8 8V (Llanta 13")	RPDI01200	T	S	260	10	8	69,2	57	4
		2.8 8V (Llanta 15")	RCDI07500	D	V	280	25	23	42	60	4
	2004-2006	2.0 16V (Llanta 16")	RCDI03630	D	V	280	25	22	42	70	5
		2.0 16V (Llanta 16")	RCDI00810	D	S	256	24	22	41	60	6
04	Astra Gsi	01/93-...	RCDI03630	D	V	280	25	22	42	70	5
	Astra SW	01/95-12/96	RCDI00810	D	S	256	24	22	41	60	6
	Aveo	2004-...	RCDI07790	D	V	256	24	22	41	59	6
	Blazer	2002-2007	RCDI00890	D	V	275,5	30	28,5	87,3	50	5
	C 10	01/80-12/89	RCDI00140	D	V	283,7	30,2	28	61,5	96,9	6
	C 20										

Figura 63. Características del Disco de Freno seleccionado [70].

ANEXO 3

TABLAS DE PROPIEDADES DE MATERIALES.

Propiedades Mecánicas		Notas
Resistencia a la tracción, MPa (ksi)	400-550 (58-80)	Placas de acero, formas y barras
Limite elastico (Esfuerzo de fluencia), MPa (ksi), ≥	250 (36)	Espesor ≤ 200mm (8 pulg.)
	220 (32)	Espesor de placas de acero > 200mm (8 pulg.)
Elongación, %, ≥	20	Placas y barras en 200 mm (8 pulg.)
	23	Placas y barras en 50 mm (2 pulg.)
Dureza Brinell, HBW	119-162	Basado en la conversión de resistencia a la tracción
Módulo de elasticidad, GPa (ksi)	200 (29×10 ³)	—
Prueba de impacto Charpy con muesca en V, J (ft-lbf), ≥	27 (20)	Formas estructurales, ubicación alternativa del núcleo
Módulo de corte, GPa (ksi)	79.3 (11.5×10 ³)	—
Fy del acero A36 (Limite de fluencia), MPa (ksi), ≥	250 (36)	—

Figura 64. Propiedades del material ASTM A36[51].

Tabla A-20

Resistencias determinísticas mínimas a la tensión y a la fluencia ASTM de algunos aceros laminados en caliente (HR) y estirados en frío (CD). [Las resistencias listadas son valores ASTM mínimos estimados en el intervalo de tamaños de 18 a 32 mm ($\frac{3}{4}$ a $1\frac{1}{4}$ pulg). Estas resistencias resultan adecuadas para usarse con el factor de diseño definido en la sección 1-10, a condición que los materiales se ajusten a los requisitos ASTM A6 o A568 o que se requieran en las especificaciones de compra. Recuerde que un sistema de numeración no es una especificación.] Fuente: 1986 SAE Handbook, p. 2.15.

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS núm.	SAE y/o AISI núm.	Proce- samiento	Resistencia a la tensión, MPa (kpsi)	Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi)	Elongación en 2 pulg, %	Reducción en área, %	Dureza Brinell
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

Figura 65. Propiedades de algunos Aceros.[52]

COMPOSICIÓN QUÍMICA:
ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO
PRODUCTO: PERFILES DE EXTRUSIÓN

ALEACIÓN	% Si	% Fe	% Cu	% Mn	% Mg	% Cr	% Ti	% Zn	otras	% Al
6061	0.4 – 0.8	0.70	0.150.40	0.15	0.8 – 1.2	0.040 0.35	0.15	0.25	0.05	remanen
6063	0.20-0.6	0.35	0.10	0.10	0.45 -0.9	0.10	0.10	0.10	0.05	remanen
6261	0.40-0.7	0.4	0.150.40	0.2 -0.35	0.7 – 1.0	0.10	0.10	0.20	0.05	remanen

PROPIEDADES MECÁNICAS

ALEACIÓN Y TEMPLE	DIAMETRO Ø ESPE, mm	AREA Mm ²	RESIS. A LA TRAC. (psi) MIN	LIM ELAST. MIN (psi)	% ELONG. EN 50mm. MIN
6061 O	todos	todos	Max. 22000	16000	16
6061 T6	Hasta 6.32	todos	38000	35000	8
	>6.33	todos	38000	35000	10
6063 O	todos	todos	Max 19000	-----	18
6063 T4	Hasta 12.7	todos	19000	10000	14
	12.7 a 25.4	todos	18000	9000	14
6063 T5	Hasta 12.7	todos	22000	16000	8
	12.7 a 25.4	todos	21000	15000	8
6063 T6	Hasta 3.15	todos	30000	25000	8
	3.15 a 15.4	todos	30000	25000	10
6261 T6	todos	todos	38000	35000	10

Figura 66. Propiedades del material Aluminio 6061 T6.[71]

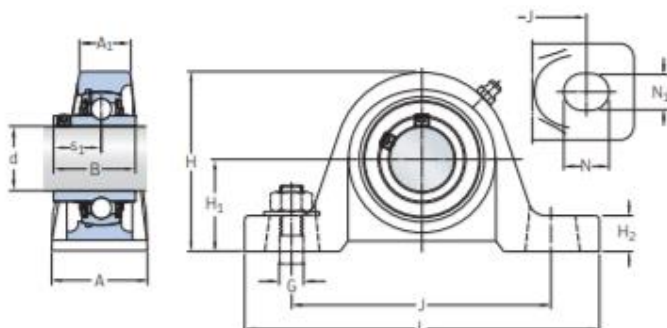
ANEXO 4

CATÁLOGO DE CHUMACERAS SKF

Unidades de rodamientos de bolas con soporte de pie, fijación con prisioneros, ejes en pulgadas

$d \frac{3}{4} - 2 \frac{1}{2}$ pulg.

19,05 – 63,5 mm

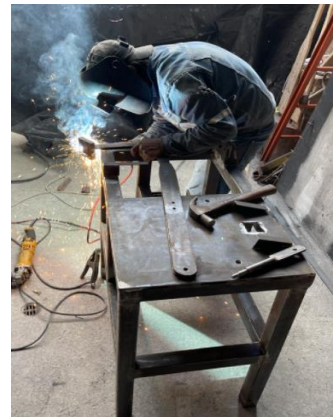
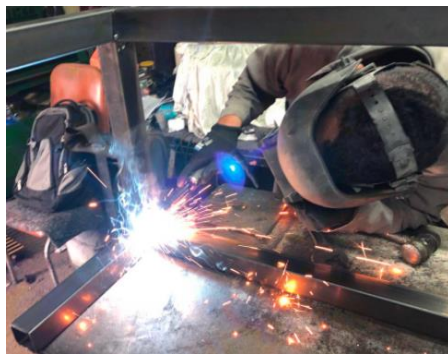


Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidad límite con tolerancia de eje h6	Masa	Designaciones
d	H ₁	J	C	C ₀	P _u	r. p. m.	kg	–
pulg./mm	mm		kN					
$\frac{3}{4}$ 19,05	33,3	95	12,7	6,7	0,285	6 500	0,6	UCP 204-12
$\frac{7}{8}$ 22,225	36,5	105	14	7,8	0,335	5 850	0,79	UCP 205-14
$\frac{15}{32}$ 23,812	36,5	105	14	7,8	0,335	5 850	0,77	UCP 205-15
1 25,4	36,5	105	14	7,8	0,335	5 850	0,76	UCP 205-16
$1 \frac{1}{8}$ 28,575	42,9	121	19,5	11,4	0,48	5 000	1,2	UCP 206-18
$1 \frac{3}{16}$ 30,162	42,9	121	19,5	11,4	0,48	5 000	1,2	UCP 206-19
$1 \frac{1}{4}$ 31,75	47,6	127	25,5	15,3	0,655	4 300	1,55	UCP 207-20
$1 \frac{3}{8}$ 34,925	47,6	127	25,5	15,3	0,655	4 300	1,5	UCP 207-22
$1 \frac{7}{16}$ 36,512	47,6	127	25,5	15,3	0,655	4 300	1,5	UCP 207-23
$1 \frac{1}{2}$ 38,1	49,2	137	32,5	20	0,85	3 750	2,05	UCP 208-24
$1 \frac{3}{4}$ 44,45	54	146	32,5	20,4	0,865	3 400	2,25	UCP 209-28
2 50,8	63,5	171	43,6	29	1,25	3 000	3,75	UCP 211-32
$2 \frac{1}{4}$ 57,15	69,8	184	52,7	36	1,53	2 700	4,8	UCP 212-36
$2 \frac{1}{2}$ 63,5	76,2	203	57,2	40	1,7	2 350	6,35	UCP 213-40

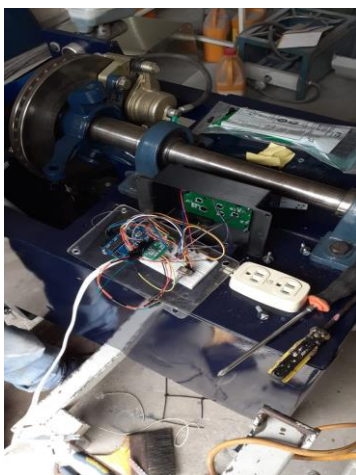
Figura 67. Propiedades de chumacera SKF UCP 208-24.[72]

ANEXO 5

IMÁGENES DE PROCESO DE CONSTRUCCIÓN.







ANEXO 6

MANUAL DE OPERACIÓN

Para que el sistema de frenado funcione de forma segura antes, durante y después de la ejecución de las prácticas de laboratorio es importante realizar los siguientes chequeos de los equipos previos a la operación.

El manual de operación consta de tres partes importantes y son:

1. Revisar el equipo previo a la ejecución de los ensayos.
2. Revisar el equipo durante la ejecución de ensayos.
3. Revisar el equipo posterior a la ejecución de ensayos.

Chequeo del equipo previo a la ejecución de los ensayos.

El chequeo se ha dividido para las cuatro partes importantes del sistema, de esta manera se evitará que durante el desarrollo de las prácticas se pare su ejecución por causa de la falla de alguno de estos equipos.

Es importante que se respete estrictamente el siguiente orden antes del encendido de todo el sistema de freno hidráulico del banco de pruebas para evitar posibles errores durante la operación los cuales pueden derivarse en incidentes con los operadores.

1. Revisión de sistema electrónico y de control.
2. Revisión del sistema mecánico de frenado.

Realizar los siguientes pasos previos al arranque total del equipo.

1. Enchufar a la corriente eléctrica los elementos electrónicos y de control a 110V.
2. Esperar algunos minutos a que se calibre de forma automática la celda de carga.
3. Verificar que la pantalla se encienda.
4. Verificar que se pueda visualizar la pantalla principal.
5. Accionar el interruptor para el ventilador del disco.



PREPARAR EL EQUIPO DE ENFRIAMIENTO DEL DISCO UBICADO DEBAJO DEL SISTEMA DE FRENADO.

Revisión de sistema de frenado

Realizar los siguientes pasos previos al arranque total del equipo.

1. Verificar la cantidad de líquido de frenos.
2. Verificar que el pedal de freno se mueva con normalidad.

Revisión del equipo durante la ejecución de ensayos.

Durante la ejecución de ensayos es importante seguir las instrucciones de cada práctica o del instructor encargado del laboratorio. Por esta razón, para la explicación de este capítulo, es preferible que se lo haga de acuerdo a los requerimientos de cada una de las prácticas que se detallan en el anexo 5.

Operación del sistema.

1. Encender el motor del banco de pruebas de motores de combustion interna.
2. Esperar a que se caliente el motor.
3. Verificar en el display el conteo de revoluciones por minuto.
4. Verificar los datos de Fuerza de frenado, torque y potencia de frenado esten en 0.
5. Acelerar al motor hasta 3800 revoluciones por minuto.
6. Aplastar el pedal del freno suavemente hasta reducir la velocidad a 1500 revoluciones por minuto.
7. Oprimir el botón rojo de recolección de datos, aparecera una señal de que ya se registró el dato.
8. Oprimir el botón rojo de muestra datos, tomar nota.
9. Oprimir el botón negro de reset y mantenerlo oprimido hasta que aparezca la señal de reinicio y se muestre la pantalla principal.



EL OPERADOR NO DEBE FRENAR EL SISTEMA HASTA DETENER POR COMPLETO LA MARCHA DEL MOTOR, ESTO PUEDE CAUSAR DAÑOS EN EL BANCO DE PRUEBAS.



EN CASO DE PRESENTARSE ALGÚN INCONVENIENTE O RIESGO DE PELIGRO DE CUALQUIER TIPO DURANTE LA EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS, EL OPERADOR DEL BANCO NO DEBE DUDAR EN NINGÚN

INSTANTE EN APAGAR TODO EL SISTEMA DEL BANCO DE PRUEBAS PRESIONANDO EL BOTÓN DE PARO DE EMERGENCIA UBICADO EN LA PARTE INFERIOR DERECHA DEL TABLERO DE INSTRUMENTOS.

Revisión del equipo posterior a la ejecución de ensayos.

Para el apagado del sistema de banco de pruebas es importante prestar atención a cada uno de los detalles de las prácticas para entender el requerimiento de apagado de los equipos. Sin embargo, a continuación, se detallan los pasos generales a seguir luego de finalizar los ensayos de laboratorio.

1. Verificar que no se encuentre presionado el pedal del freno.
2. Desactivar el interruptor del ventilador del disco de freno
3. Desconectar el enchufe de los accesorios electrónicos del tomacorriente de 110 V.
4. Verificar que el display se encuentre apagado.
5. Apagar el motor del banco de pruebas de motores de combustion interna.

ANEXO 7

MANUAL DE OPERACIÓN DE DISPLAY

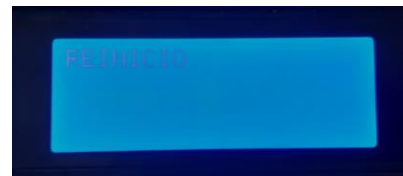
Las siguientes figuras muestran brevemente los pasos para operar el display.

PANTALLAS DE CONTROL

Pantalla Introductoria



Pantalla de reseteo



Pantalla Principal



Pantalla de Datos



ANEXO 8

MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE FRENO HIDRAULICO

Primero es importante conocer las partes con sus respectivas especificaciones del sistema de freno hidráulico, las cuales podemos encontrar en el siguiente listado.

Pedal

2 pasadores de 3/8"

Disco de frenos

Mordaza o pinza de frenos

2 pernos M12 x 30: llave # 17mm

3 pernos M8 x 22: llave # 14mm

Araña o soporte de mordaza

2 pernos de 1/2 x 3": llave 3/4" o 19mm

Manzana

4 tuercas de esparragos: llave 3/4" o 19mm

Bomba de freno

2 pernos

Chumacera

4 pernos 9/16 x 2 1/2" : llave 7/8" o 21mm

Tabla 35. Detalle de los trabajos a realizar en cada elemento.

Elemento	Descripción
Chumacera	Se requiere engrasar cada 6 meses, o dependiendo el uso.
Disco de freno	Según el uso, el disco de freno presenta un desgaste y se recomienda una rectificación del disco para un mejor rendimiento del mismo,
Pastillas	Se debe revisar el estado de las pastillas periódicamente, si se observa que las pastillas están muy desgastadas se requiere el cambio inmediato de estas para que no produzca daños al disco de freno.
Bomba de freno	Se requiere estar pendiente del líquido de freno que este dentro de los niveles, sino requiere ser llenado. Se recomienda que cada 1 año se realice el cambio de líquido de todo el sistema.
Accesorios	Se requiere que se realice un reajuste periódicamente de todos los accesorios del sistema, ya que por la vibración estos podrían aflojarse y presentar un mal funcionamiento.

Tabla detalle de los trabajos a realizar en cada elemento del sistema de freno.

Elaborado por: Christopher Coloma & Humberto Reyes

ANEXO 9

PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Las prácticas de laboratorio han sido diseñadas para que el estudiante conozca y experimente el desempeño que presenta un motor de combustión interna a diferentes condiciones de trabajo. Los resultados permitirán entender la teoría impartida en las clases de estudio y también emitir conclusiones acerca de las condiciones óptimas de funcionamiento.

Desarrollo de los ensayos de laboratorio

Las prácticas de laboratorio serán realizadas por los estudiantes de Ingeniería Mecánica bajo la supervisión del Especialista de laboratorio. Los estudiantes deberán iniciar las prácticas conociendo los pasos generales de Operación del banco de pruebas que se detallan a continuación, de esta manera, se evitan accidentes durante la ejecución de la prueba y también se consigue el resultado deseado. Las prácticas son sencillas y no toman gran cantidad de tiempo. Luego de su ejecución, los estudiantes deberán analizar y realizar los cálculos de cada práctica, así como el trazado de curvas y gráficas para establecer las debidas conclusiones. Estas asignaciones se definirán como tareas y podrán ser efectuadas grupal o individualmente.

Práctica N°1: El Banco de Pruebas Tipo Freno hidráulico para Motores de Combustión Interna a Gasolina.

1.- Objetivo:

Identificar todas las partes que conforman el equipo.

Familiarizarse y entender el funcionamiento de las diferentes partes y la operación en conjunto.

2.- Teoría:

El banco de pruebas proporciona medidas de torque, cuenta con un contador de rpm para medir velocidad de giro en el eje y poder determinar la potencia. Consta de una balanza digital para consumo de combustible lo cual permite determinar el consumo específico de combustible. El banco permite realizar pruebas en varios periodos de tiempo dependiendo la fuerza que se aplique al pedal para frenar el disco acoplado al motor.

El Freno hidráulico es el que aprovecha la acción multiplicadora del esfuerzo ejercido sobre un líquido oleoso incompresible, Su funcionamiento inicia, al accionar el pedal de freno el cual actúa sobre la bomba maestra y al suceder esto, envía líquido a presión por las cañerías o mangueras, el líquido de freno transmite en este proceso la fuerza del dispositivo de actuación al freno de rueda y al soltar el pedal baja la presión del líquido, haciéndola volver a su posición inicial al sistema y regresando el líquido del cilindro hacia la bomba

El par se mide por la cantidad de fricción transferida a la cuerda o correa cuando el motor se ejecuta. La cuerda se tensa para aumentar la fricción hasta el límite ~~del~~ del motor. El par se calcula mediante la comparación de la tensión en ambos lados de la correa. Estos frenos funcionan mediante la absorción del momento de torque y energía mecánica producido por la máquina, convirtiendo la energía recibida en calor.

El sistema está constituido por un motor de combustión interna a inyección de gasolina de 1400 cm³ de 4 cilindros.

3.- Descripción del equipo:

El equipo utilizado en este ensayo está provisto de las siguientes características técnicas:

Motor con sistema de inyección de combustible MPFI

Cilindrada:	1,389 cm ³
Nº de cilindros	4 en línea
Nº de válvulas	8
Diámetro de cilindros	77.6 mm
Carrera	76.4 mm
Relación de compresión	9.4:1
Potencia Neta	84 HP @ 6000 rpm
Par máximo	11.6 Kgm, 113.7 Nm @ 3000rpm
Peso neto	80 Kgf

Encendido electrónico mediante un módulo de control electrónico.

El freno hidráulico es del tipo disco, el material de este es hierro fundido, y sus pastillas son de carbono.

El dinamómetro digital tiene una capacidad máxima de 50 Kg.

La balanza de consumo másico tiene una capacidad máxima de 30 Kg.

5.- Procedimiento:

Para obtener el éxito esperado en la realización de esta práctica es necesario seguir los siguientes pasos:

Identificar todas las partes del banco de pruebas en el diagrama adjunto.

Identificar todas las partes del sistema de freno hidráulico en el diagrama adjunto.

Asegúrese que no se encuentre accionado el pedal de freno.

Verificar que se encuentren bien ubicados los dos bornes de la batería.

Conectar el cable de 110V del pirómetro, los elementos electrónicos y de control al tomacorriente designado.

Esperar algunos minutos a que se calibre de forma automática la celda de carga del sistema de freno.

Verificar que la pantalla del display se encienda.

Verificar que se pueda visualizar la pantalla principal.

Verificar que la superficie del líquido refrigerante se encuentra como mínimo en la mitad del reservorio, de lo contrario añadir líquido descrito en el manual de mantenimiento.

Verificar el correcto nivel de aceite del motor.

Retirar la varilla de nivel.

Limpiar la parte inferior de la varilla de nivel e insertarla nuevamente en el agujero de llenado de aceite.

Retirar la varilla de nivel y verificar si el nivel se encuentra en "LLENO" de lo contrario completar con el aceite descrito en el manual de mantenimiento.

Verificar el correcto nivel del tanque medidor de aire.

Verificar la correcta sujeción de la manguera flexible que conecta el tanque con el ingreso de aire al motor.

Verificar visualmente que exista la suficiente cantidad de gasolina en el tanque de combustible.

Colocar la balanza de consumo másico debajo del tanque de combustible.

Para el encendido del motor:

Mover la posición del switch de encendido en ACC.

Verificar el encendido de los manómetros del tablero.

Situar el acelerador en la posición 0%.

Encender el motor moviendo el switch a la posición START.

Permitir que el motor trabaje de 5 a 10 minutos con la velocidad de encendido y esperar hasta que se estabilice alrededor de los 900 r.p.m. para asegurar una buena lubricación y permitir que alcance su temperatura normal de trabajo.

Accionar el interruptor para el ventilador del disco

Ensayos de funcionamiento:

Acelerar el motor hasta una apertura del 25% de la mariposa de admisión de aire y chequear el funcionamiento de todos los dispositivos ubicados en el tablero de control.

Tomar el cronómetro y definir un tiempo para verificar el consumo de combustible mediante la balanza de consumo másico.

Verificar el movimiento de la burbuja de la columna de agua y calcular la altura de consumo en las revoluciones marcadas en el display.

Colocar la cinta de freno Prony y asegurar el extremo del dinamómetro en el brazo fijado en la base del motor.

Tomar una pesa de cualquier valor y colocarla en la base de la cinta y verificar la caída de las RPM luego de haber transcurrido 5 segundos: al mismo tiempo colocar un chorro de agua en el tambor para disminuir el calentamiento en las superficies del tambor y la cinta.

Tomar la lectura del dinamómetro luego de haber transcurrido los 5 segundos en el paso anterior.

Retirar la pesa y luego el sistema de frenado del tambor.

Repetir el paso “v” y “vi” sin la colocación de agua en el tambor y dejar la pesa máximo durante 5 segundos, retirar la pesa y luego el sistema de frenado.

Concluir lo ocurrido en el paso anterior.

Regresar el acelerador a la posición de encendido inicial.

Desconectar cualquier sensor del motor para verificar el encendido de la señal de advertencia del “CHECK ENGINE”, luego conectar nuevamente el sensor.

Presionar el botón de “PARO DE EMERGENCIA” para verificar su funcionamiento.

Regresar el botón de “PARO DE EMERGENCIA” a la posición inicial.

Finalmente, verificar las lecturas de todos los dispositivos ubicados en el tablero de control.

Para el apagado del motor:

Verificar que no se encuentre accionado el sistema de frenado.

Verificar la posición inicial del acelerador.

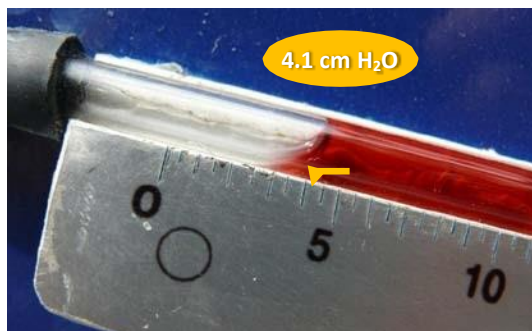
Regresar a la ubicación inicial el switch de encendido.

Mover a la posición de “ACC” el switch de encendido para permitir que se encienda el electro-ventilador y disminuir la temperatura del refrigerante en caso de que sea necesario.

Una vez terminados los ensayos, desconectar un borne de la batería para evitar descargas.

5.- Tabulación de datos:

Manómetro de aire: para visualizar los datos de la columna de agua, es necesario trazar una línea imaginaria en el cuadrante de la burbuja de aire ubicada al inicio de la columna de agua, tal como se muestra en la siguiente figura. El resultado es la diferencia de los dos valores: $6.9 - 4.1 = 2.8 \text{ cm H}_2\text{O}$



Balanza de consumo másico: los datos los proporciona la pantalla digital de la balanza, como lo muestra la siguiente figura. La lectura permite verificar los valores con 3 decimales. Las unidades se pueden cambiar de libras a kilogramos.



Dinamómetro digital: los datos los proporciona la pantalla digital del dinamómetro, como lo muestra la siguiente figura:



La lectura permite verificar los valores con 2 decimales, las unidades se pueden cambiar de libras a kilogramos.

Temperaturas: el pirómetro permite medir solo una temperatura por cada vez que se gire el selector de temperaturas. La escala es grados centígrados o Celsius.



6.- Análisis y presentación de resultados:

Luego de la realización del ensayo es imprescindible ordenar toda la información obtenida y analizar los datos tomando como ayuda la teoría recibida previamente. Compare el funcionamiento teórico versus el real y emita las conclusiones y recomendaciones necesarias en el siguiente ítem.

6.1 Preguntas:

Consulte los siguientes conceptos que son aplicables al banco de pruebas:

Torque

Potencia al freno

Presión media efectiva

Consumo de combustible

Consumo de aire

Eficiencias

El ciclo Otto.

¿Cómo se interpretan y aplican las curvas de torque y potencia de los vehículos?

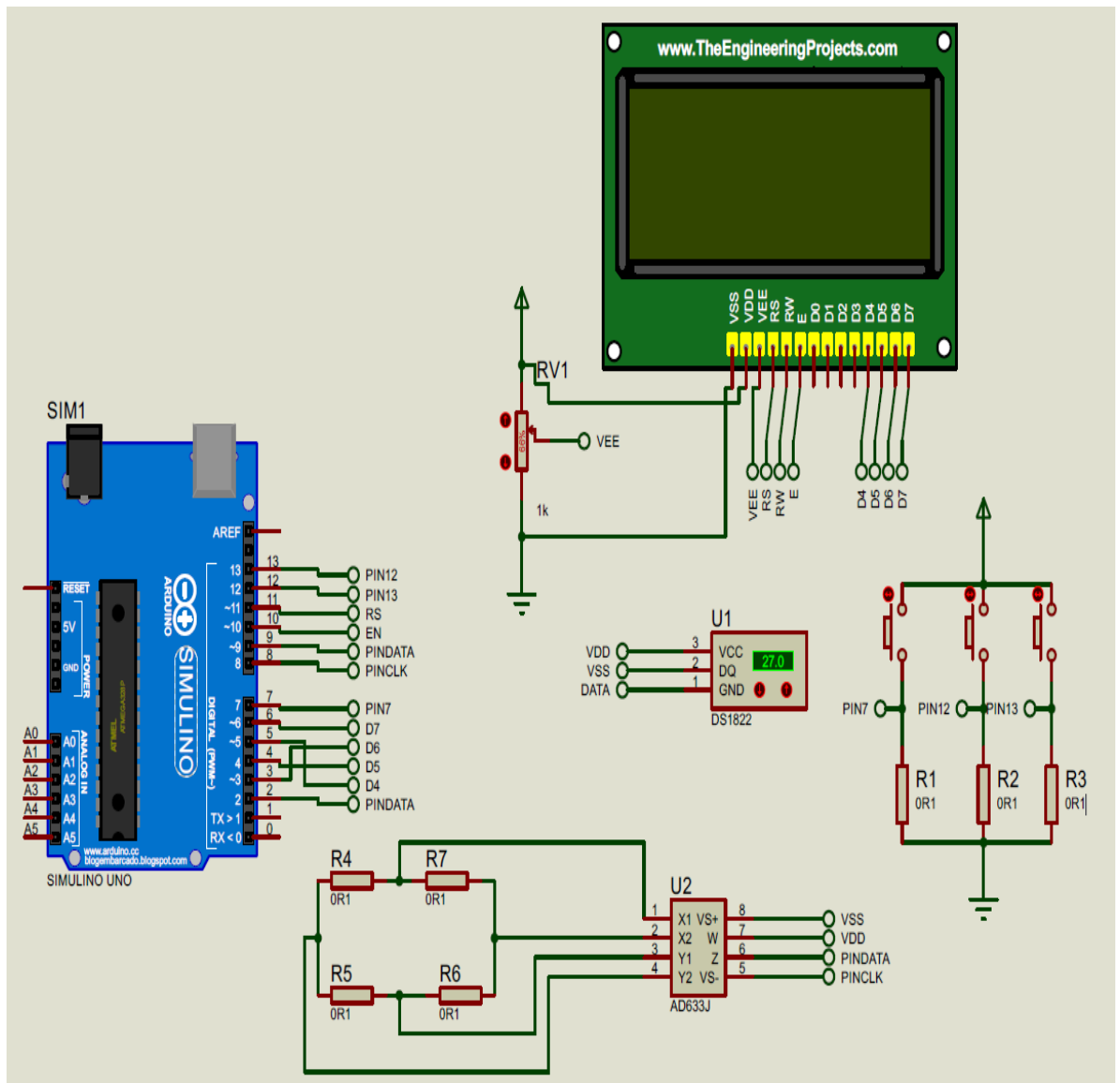
¿En dónde se presentan los desperdicios de energía en un motor de combustión interna?

¿Qué es el dispositivo Tech 2?

7.- Conclusiones y Recomendaciones:

8.- Bibliografía:

ESQUEMA ELECTRÓNICO DEL PROYECTO.



ANEXO 11

PROGRAMACIÓN ARDUINO.

```
#include <LiquidCrystal.h>
```

```
#include "HX711.h"
```

```
// Pin de datos y de reloj
```

```
byte pinData = 9;
```

```
byte pinClk = 8;
```

```
int tdatos=0;
```

```
int bmov=0;
```

```
int blim=0;
```

```
int pa=0;
```

```
int pa1=0;
```

```
int ctr1=0;
```

```
int crpm=0;
```

```
double a1=0,b1,c1,h1;
```

```

double a2=0,b2,c2,h2;

double a3=0,b3,c3,h3;

double a4=0,b4,c4,h4;

double a5=0,b5,c5,h5;

double a6=0,b6,c6,h6;

double a7=0,b7,c7,h7;

double a8=0,b8,c8,h8;

double a9=0,b9,c9,h9;

double a10=0,b10,c10,h10;

HX711 bascula;

// Parámetro para calibrar el peso y el sensor

float factor_calibracion = -15000.0; //Este valor del factor
de calibración funciona para mi. El tuyo probablemente
será diferente.

volatile int contador = 0; // Variable entera que se
almacena en la RAM del Micro

// initialize the library by associating any needed LCD
interface pin

// with the arduino pin number it is connected to

const int rs= 11, en = 10, d4 = 5, d5 = 4, d6= 3, d7 = 6;

LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);

void setup() {

  pinMode(7,INPUT);

  pinMode(12,0);

  pinMode(13,0);

  Serial.begin(9600);

  Serial.println("HX711 programa de calibracion");

  Serial.println("Quita cualquier peso de la bascula");

  Serial.println("Una vez empiece a mostrar informacion
de medidas, coloca un peso conocido encima de la
bascula");

  Serial.println("Presiona + para incrementar el factor de
calibracion");

  Serial.println("Presiona - para disminuir el factor de
calibracion");

  // Iniciar sensor

  bascula.begin(pinData, pinClk);

  // Aplicar la calibración

  bascula.set_scale();

  // Iniciar la tara

  // No tiene que haber nada sobre el peso

  bascula.tare();

  // Obtener una lectura de referencia

  long zero_factor = bascula.read_average();

  // Mostrar la primera desviación

  Serial.print("Zero factor: ");

  Serial.println(zero_factor);

  attachInterrupt(0,interrupcion0,RISING); // Interrupcion
0 (pin2)

  // set up the LCD's number of columns and rows:

  lcd.begin(16, 4);

  // Print a message to the LCD.

  lcd.setCursor(5,0);

  lcd.print("UNIVERSIDAD");

  lcd.setCursor(5,1);

  lcd.print("POLITECNICA");

  lcd.setCursor(10,2);

  lcd.print("SALESIANA");

  lcd.setCursor(5,3);

```

```

    lcd.print("MAQUINAS TERMICAS");

    delay(5000);

    lcd.setCursor(5,0);

    lcd.clear();

}

void loop() {

    // Aplicar calibración

    bascula.set_scale(factor_calibracion);

    // Mostrar la información para ajustar el factor de
    calibración

    Serial.print("Leyendo: ");

    Serial.print(bascula.get_units(), 4);

    double c=bascula.get_units();

    double d=c*9.80665*1.5650;

    Serial.print(" kgs");

    Serial.print(" factor_calibracion: ");

    Serial.print(factor_calibracion);

    Serial.println();

    Serial.print("En Newton:");

    Serial.print(d);

    tdatos=digitalRead(7);

    bmov=digitalRead(12);

    blim=digitalRead(13);

    // Obtener información desde el monitor serie

    if (Serial.available())

    {

        char temp = Serial.read();

        if (temp == '+')

            factor_calibracion += 100;

```

```

        else if (temp == '-')

            factor_calibracion -= 100;

    }

    delay(999);          // retardo de casi 1 segundo

    Serial.print(contador*(60/4)); // Como son dos
    interrupciones por vuelta (contador * (60/2))

    Serial.println("RPM"); // El numero 2 depende del
    numero aspas de la helise del motor en prueba

    Serial.println(tdatos);

    Serial.println(pa);

    Serial.println(ctr1);

    Serial.println(pa1);

    Serial.println(blim);

    lcd.setCursor(14,2);

    lcd.print(contador*(60/4));

    crpm= contador*(60/4);

    delay(500);          // retardo de casi 1 segundo

    lcd.setCursor(14,2);

    lcd.print("      ");

    contador = 0;

    //////////////////////////////////////////muestra de datos

    if (tdatos==1){

        pa=1;

        delay (10);

    }

    if (bmov==1){

        pa1=pa1+1;

        delay (10);

        pa=0;

    }

    while(pa1==1 && blim==0){

```

```

    blim=digitalRead(13);

    if(pa1==1){

        if (blim==1){

            lcd.clear();

            lcd.setCursor(0,0);

            lcd.print("REINICIO");

            delay(1000);

            pa1=0;

            pa=0;

            ctr1=0;

            a1=0;

            b1=0;

            c1=0;

            h1=0;

        }

        lcd.clear();

        lcd.setCursor(0,0);

        lcd.print(a1);

        lcd.setCursor(0,1);

        lcd.print(b1);

        lcd.setCursor(4,2);

        lcd.print(c1*9.39);

        lcd.setCursor(4,3);

        lcd.print(h1);

        delay(500);

    }

}

////////////////////////////////////

lcd.setCursor(0,0);

    lcd.print("F.FRENADO:");

    lcd.setCursor(10,0);

    if (d<0.5){

```

```

        lcd.print("    ");

        d=0.00000000;

        lcd.setCursor(10,0);

        }

        lcd.print(d);

        lcd.setCursor(17,0);

        lcd.print("[N]");

        lcd.setCursor(0,1);

        lcd.print("TORQUE:");

        double t=d*0.727;

        lcd.setCursor(8,1);

        lcd.print(t);

        if (t<0.5){

            lcd.print("    ");

            t=0.0000;

            lcd.setCursor(10,0);

            }

        lcd.setCursor(15,1);

        lcd.print("[N.m]");

        lcd.setCursor(4,2);

        lcd.print("VELOCIDAD:");

        lcd.setCursor(19,2);

        lcd.print("[RPM]");

        lcd.setCursor(4,3);

        lcd.print("P.FRENO:");

        lcd.setCursor(13,3);

        double pf=(t*contador*(60/4)*0.104719);

        lcd.print(pf);

        if (pf<0.5){

            lcd.print("    ");

            pf=0.0000;

```

```

        lcd.setCursor(10,0);
    }

    lcd.setCursor(20,3);

    lcd.print("[kW]");

    /////

    if(ctr1==1){

        lcd.clear();

        lcd.setCursor(0,0);

        lcd.print("DATO TOMADO");

        delay(100);

        c1=contador*(60/4);

    }

    ////////////datod//////////

    if (tdatos==0 && pa==1){

        ctr1=ctr1+1;

        delay (10);

    }

    if(ctr1==1){

        a1=d;

        b1=t;

        c1=crpm;

        h1=pf;

        delay(100);

    }

}

void interrupcion0() // Funcion que se ejecuta durante
cada interrupcion

{

    contador++; // Se incrementa en uno el contador


```

ANEXO 12

FACTURAS

Detalles del pedido

Producto	Total
Módulo Galga Extensiométrica × 1	\$8.04
LCD 2004 × 1	\$9.90
UNO R3 × 1	\$10.94
Subtotal:	\$28.88
IVA:	\$3.47
Método de pago:	Efectivo
Total:	\$32.35

Hacer otro pedido 

Dirección de facturación


Humberto Reyes
Av 21 de marzo E4-136 y calvario
1715656243
Quito
0984769923

humbert_jose20@outlook.com

El pedido #21222 se realizó el 6 enero, 2021 y está actualmente **Completado**.

Detalles del pedido

Producto	Total
Módulo Sensor Magnético de Efecto Hall × 1	\$2.50
Subtotal:	\$2.50
Envío:	Recogida local
IVA:	\$0.30
Método de pago:	Transferencia Bancaria
Total:	\$2.80

Hacer otro pedido 

Cédula / RUC / Pasaporte:

1715656243

Dirección de facturación

Humberto Reyes Cevallos
Av 21 de marzo E4-136 y Calle El Calvario
Quito
Pichincha
0984769923

humbert_jose20@outlook.com

El pedido #21665 se realizó el 18 mayo, 2021 y está actualmente **Completado**.

Detalles del pedido

Producto	Total
LCD 2004 × 1	\$9.90
40 Cables Dupont Hembra-Hembra 20cm × 1	\$2.59
40 Cables Dupont Macho-Hembra 20cm × 1	\$2.59
40 Cables Dupont Macho-Macho 20cm × 1	\$2.59
Subtotal:	\$17.67
Envío:	\$3.50 vía Quito DMQ y Valles
IVA:	\$2.12
Método de pago:	Transferencia Bancaria
Total:	\$23.29

Hacer otro pedido ↻

Cédula / RUC / Pasaporte:

1715656243

Dirección de facturación

Humberto Reyes Cevallos
Av 21 de marzo E4-136 y Calle El Calvario
Quito
Pichincha
0984769923

humbert_jose20@outlook.com

Dirección de envío

Humberto Reyes
Av 21 de marzo E4-136 y calvario
Quito
Pichincha
170311

Tienda: CALTSensor Store [Contactar al vendedor](#)

Nombre del Humberto Reyes

contacto : Dirección: 21 de marzo y calvario E4-136
casa
quito, pichincha, Ecuador

Código 170311

postal:

Móvil: 0984769923

Tel.: +593-

Fax:

Detalles del artículo	Precio por unidad	Cantidad	Total del pedido	Estado	
 CALT-sensor de presión de calda de carga para pedal de freno automatiz, respuesta dinámica, DYT8-001 (CALTSensor Store)	€ 71,95	1 unidad	€ 71,95	Confirmación recibida Abrir disputa	Tiempo de entrega estimado: 7-15 Días El vendedor enviará el pedido en 7 Días



Precio del artículo	Gastos de envío	Importe total
EUR € 71,95	EUR € 94,11	EUR € 166,06



Fua

TACCO

TACO MONGA JESUS CLEMENTE RODRIGO
SASTRERÍA- VENTA DE TODA CLASE DE REPUESTOS
ELECTRONICOS, DE COMPUTACIÓN Y CÁMARAS DE SEGURIDAD, ETC
Dir.: Caldas Oe3-50 y Venezuela
Telf.: 2 950 106 / Cel.: 0998 135 295
Quito - Ecuador

R.U.C.: 1705956405001

FACTURA 001-001-00

Nº 0014469

AUT. S.R.I. 1127744837

"CONTRIBUYENTE RÉGIMEN MICROEMPRESAS"

Documento Categorizado : NO

Señor(es): Humberto Reyes

Fecha: 18-02-21

RUC./CI: 1715656243

Teléfono:

Dirección: Av. 21 Marzo E4136
El Corballo

Ciudad: Durán

CANT.	DESCRIPCION	V. UNIDAD	V. TOTAL
1	Adep 12v . 1A		3.50
4	2m	2.50	10.00
1	Malla		2.00
2	Bornes	0.25	0.50
1	Pot 100W		0.45
3	Cable	2.50	7.50

SALIDA LA MERCADERIA NO SE ACEPTAN CAMBIOS NI DEVOLUCIONES

FORMA DE PAGO

Efectivo	
Dinero Electrónico	
Tarjeta de Crédito/ Débito	
Otros	

F. AUTORIZADA

RECIBE CONFORME

SUBTOTAL	21.39
I.V.A. 0 %	
IVA 12%	2.57
TOTAL USD \$	23.95

BETANCOURT SALAZAR RODOLFO RUC: 1712676089601 AUT.: 13466* DEL 0014401 AL 0015600
FECHA AUT.: 27/ENERO/2021-FECHA DE CADUCIDAD: 27/ENERO/2022

TACCO

TACO MONGA JESUS CLEMENTE RODRIGO
 SASTRERÍA- VENTA DE TODA CLASE DE REPUESTOS
 ELECTRONICOS, DE COMPUTACIÓN Y CÁMARAS DE SEGURIDAD, ETC
 Dir.: Caldas Oe3-5C y Venezuela
 Telf.: 2 950 106 / Cel.: 0998 135 295
 Quito - Ecuador

R.U.C.: 1705956405001

FACTURA 001-001-00**Nº 0014572**

AUT. S.R.I. 1127744837

"CONTRIBUYENTE RÉGIMEN MICROEMPRESAS"

Documento Categorizado : NO

Señor(es): Humberto ReyesFecha: 17-03-21RUC./CI: 1715656243Teléfono: Dirección: Av. 21 Mar 20 4136 y Calle
al bancoCiudad: Quito

CANT.	DESCRIPCION	V. UNIDAD	V. TOTAL
1	Papel		3.25
1	Papel		2.25
4	Pulso ter	0.25	1.00

SALIDA LA MERCADERIA NO SE ACEPTAN CAMBIOS NI DEVOLUCIONES

FORMA DE PAGO

Efectivo	
Dinero Electrónico	
Tarjeta de Crédito/ Débito	
Otros	

F. AUTORIZADA

RECIBE CONFORME

SUBTOTAL	580
I.V.A. 0 %	
IVA 12%	0696
TOTAL USD \$	649.60

BETANCOURT SALAZAR RODOLFO RUC: 1712676089001 AUT.: 13466* DEL 0014401 AL 0015600
 FECHA AUT.: 27/ENERO/2021-FECHA DE CADUCIDAD: 27/ENERO/2022

TACCO

TACO MONGA JESUS CLEMENTE RODRIGO
SASTRERÍA- VENTA DE TODA CLASE DE REPUESTOS
ELECTRONICOS, DE COMPUTACIÓN Y CÁMARAS DE SEGURIDAD, ETC
Dir.: Caldas Oe3-50 y Venezuela
Telf.: 2 950 106 / Cel.: 0998 135 295
Quito - Ecuador

R.U.C.: 1705956405001

FACTURA 001-001-00

Nº 0014768

AUT. S.R.I. 1127744837

"CONTRIBUYENTE RÉGIMEN MICROEMPRESAS"

Documento Categorizado : NO

Señor(es): Humberto Reyes

Fecha: 8-05-21

RUC./CI: 1715656243

Teléfono: _____

Dirección: M. del P. Hades

Ciudad: Quito

CANT.	DESCRIPCION	V. UNIDAD	V. TOTAL
1	Arduo UNO		13.80
1	Bo 300		3.00
1	Punta M		1.50
1	Punto d M		3.00
1	Pulsera		0.25

SALIDA LA MERCADERIA NO SE ACEPTAN CAMBIOS NI DEVOLUCIONES

FORMA DE PAGO

Efectivo	
Dinero Electrónico	
Tarjeta de Crédito/ Débito	
Otros	

/ AUTORIZADA

RECIBE CONFORME

SUBTOTAL	18.97
I.V.A. 0 %	
IVA 12%	2.28
TOTAL USD \$	21.25

BETANCOURT SALAZAR RODOLFO RUC: 1712676089001 AUT.:13466 DEL 0014401 AL 0015600
FECHA AUT.: 27/ENERO/2021-FECHA DE CADUCIDAD:27/ENERO/2022

ESCOBAR TAPIA MARIA ANGELICA



Dirección: Colón 19-24 y Villarreal
Riobamba - Ecuador

FACTURA Nº 0003762
001-001-00

RUC.: 0604176628001
Aut. SRI.: 1127618919

Fecha: 22/02/2021
Cliente: REYES CEVALLOS HUMBERTO JOSÉ
RUC./Cl.: 1715656243 Telf.: 0984769923
Dirección: AVENIDA 21 DE MARZO F4-136 Y CALLE EL CALV

Cant.	DESCRIPCION	P. Unit.	V. Total
1	SENSOR DE PESO 50KG +MÓDULO 24 BIT A/D CO	16,52	16,52

FORMA DE PAGO			
EFECTIVO	\$18,50	SUB TOTAL	\$16,52
DINERO ELECTRÓNICO		DESCUENTO	\$0,00
TARJETA DE CRÉDITO / DÉBITO		IVA 0 %	
OTROS		IVA 12 %	\$16,52
CONTRIBUYENTE REGIMEN MICROEMPRESAS		IMPORTE DEL IVA	\$1,98
		TOTAL FACTURA	\$18,50

FIRMA AUTORIZADA

RECIBI CONFORME

"GRÁFICAS NORIEGA" Jorge Marcelo Noriega R.U.C. 0601497209001 Aut. 2003 DOCUMENTO CATEGORIZADO: NO
F. autorización 06/01/2021 Del 003001 al 004000 ORIGINAL: ADQUIRENTE COPIA: EMISOR
VALIDO PARA SU EMISION 06 DE ENERO DEL 2022

HIDRACOL
Repuestos y todo en Sistema de Aire

SISTEMAS DE AIRE - MANGUERAS HIDRAULICAS - REPUESTOS

BENDIX EATON NTN DAYCO FLOSSER
BOMBAS VALVULAS RULIMANES MANGUERAS LAMPARAS

Dirección: Rumicunca Reino de Quito N° 177 y Tiwina
Celular: Claro: 0980 819 731 / Movil: 0995 840 050
E-mail: hidracoal-frucks@hotmail.com

PROFORMA

0001694

BENDIX EATON NTN DAYCO FLOSSER
BOMBAS VALVULAS RULIMANES MANGUERAS LÁMPARAS
Dirección: Rumicucho Reino de Quito N7-177 y Tiwinza
Celular: Claro: 0980 819 731 / Mov: 0995 840 050
E-mail: hidracol-trucks@hotmail.com

Cliente: WILLIAM CASHCO


Teléfono:

DÍA	MES	AÑO
30	12	2020

[illegible]

DEL 0001001 AL 0002000

Cliente: Humberto Reyes
Fecha: 21-04-2021 Correo: _____
Telf.: 0984769923 Fecha de entrega: 23-04-2021
Responsables: Alex-Ric Hora de entrega: 1pm

Cant.	DESCRIPCIÓN	V. Unit.	V. TOTAL.
1	Pieza Impresión 3D		\$35,00
			

1.- Los precios en esta orden no incluyen IVA.
2.- Todo trabajo de diseño tiene un costo de \$15,00 la hora o el acordado al momento de realizar la orden.
3.- Una vez aprobado o firmado el diseño es responsabilidad del cliente cualquier error detectado.
4.- En caso de que el cliente decida suspender el trabajo, se tomara en cuenta el avance del mismo para considerar la devolución total o parcial del abono.

SUBTOTAL	35,00
ABONO	15,00
SALDO	20,00



FIRMA AUTORIZADA

RECIBÍ CONFORME

¡TE AGRADECEMOS
POR PREFERIRNOS!

📍 Ramírez Dávalos Oe3-91 y Antonio de Ulloa
📞 098 421 7112
📞 290 3696 / 321 4192
📍 Quito - Ecuador

📘 Editorial Patria
📧 @editorial_patria
✉ papepatría_pespinoza@hotmail.es
🌐 <https://edipatria.group/>

MANGUERAS		HIDRACOPLES LALO	
Laura Lorena Domínguez Vargas Acoples de Bronce, Acoples Hidráulicos, Mangueras Hidráulicas Válvulas CH, Manguera de Combustible y Aire, Manguera de Radiador Dir. El Arenal Panamericana Norte 226 Telf.: 3 262 040 Cel.: 0986 144 554 * Quito - Ecuador E-mail: mangueras_hidracoples@hotmail.com www.manguerashidracoples.com/		R.U.C. 1756471965001 AUT. SRI. 1126112889	
Cliente: <i>Humberto Reyes</i> RUC/C.I.: <i>175656243</i> Dirección: <i>Av 21 Marzo Calle del calvario</i> Ciudad:		FACTURA S 001-001 <i>000007570</i> DOCUMENTO CATEGORIZADO: NO Fecha: <i>04</i> <i>12</i> <i>20</i>	
CANT	DESCRIPCIÓN	V. UNIT.	V. TOTAL
<i>1</i>	<i>Manguera</i>		
CANCELADO			
Son: <i>[Firma]</i> FIRMA AUTORIZADA RECIBO CONFORME		SUBTOTAL <i>12.33</i> I.V.A. 0% <i>—</i> I.V.A. 12 % <i>1.97</i> TOTAL USD. \$ <i>13.80</i>	
M&F MULTIGRÁFICAS Franklin Eduardo Alajo Chitigana * Telf.: 3215-678 / 0988200300 * RUC: 1713223574001 * Aut. 9618 IMP. 20/ENERO/2021 DEL 6001 AL 8000 * VALIDA SU EMISIÓN HASTA 20/ENERO/2021		FORMA DE PAGO: Efectivo, Dinero Electrónico, Tarjeta de Crédito/Débito, Otros	

ORIGINAL ADQUIRENTE COPIA EMISOR

Coemangueras

MANGUERAS HIDRÁULICAS

COMBUSTIBLES - FRENOS DE AIRE - RADIADOR
CALEFACCIÓN - ACOPLER Y ACCESORIOS

Matriz: Av. 6 de Diciembre N52-126 y José Barreiro
Telfs: (02) 2811-623 / 098 443 0408 • Quito - Ecuador
Sucursal: Av. 6 de Diciembre N49-92 y De las Cucardas
Cel: 096 147 0337 • E-mail: coemangueras1@hotmail.com

R.U.C. 1709327876001
GARZÓN MONTENEGRO VICTOR HUGO
FACTURA
S-002-001
Nº 000010916
AUT. S.R.I. No. 1126290554
Documento Categorizado: NO

FECHA: 18-12-2020
NOMBRE: Humberto River
RUC/C.I.: 1715656243
TELÉFONO: 0984769923
DIRECCIÓN: Av. 2 de Mayo

CANTIDAD	CÓDIGO	DETALLE	V. UNITARIO	VALOR TOTAL
1		MANGUERA R415 COASA	-	8.45

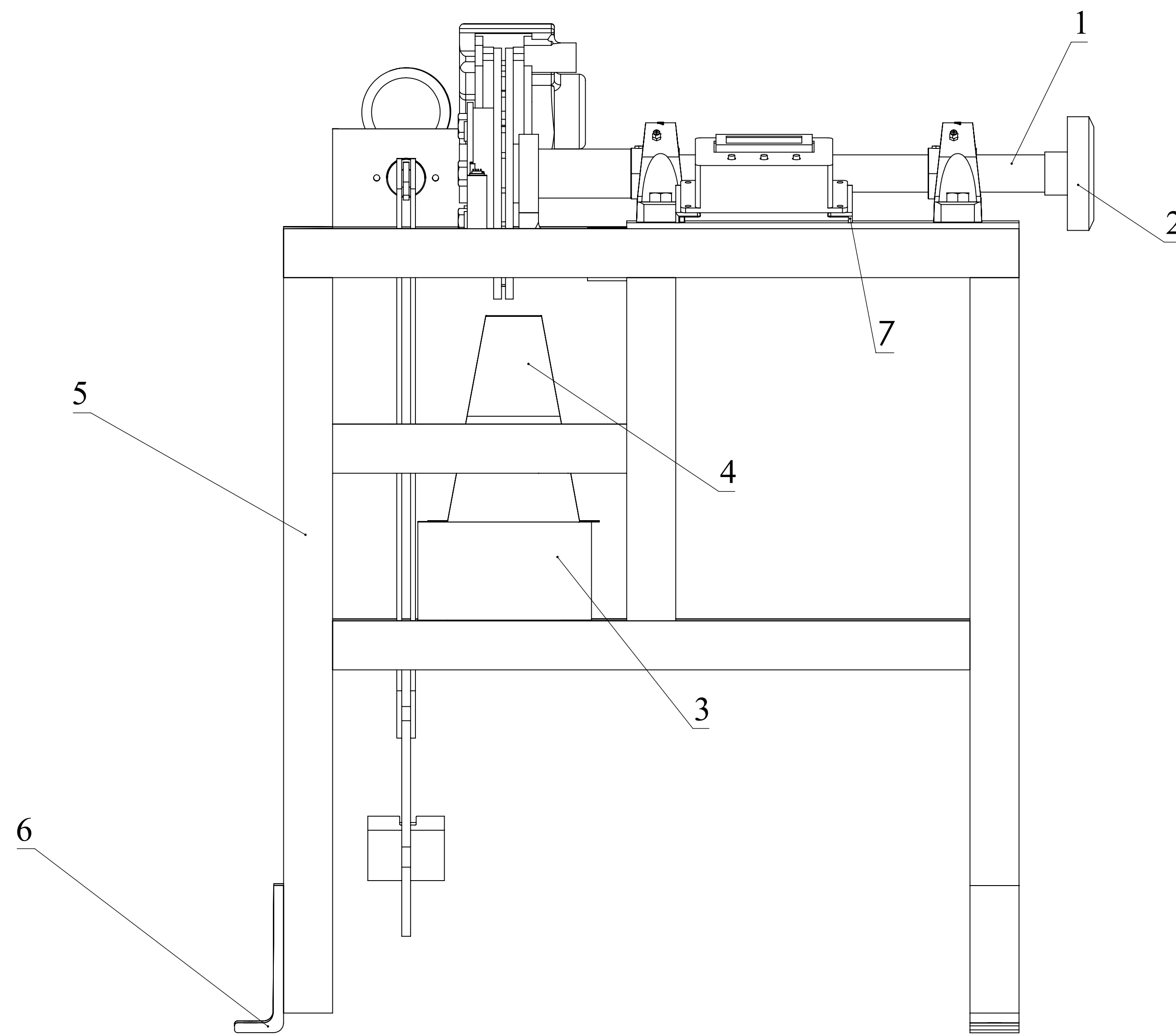
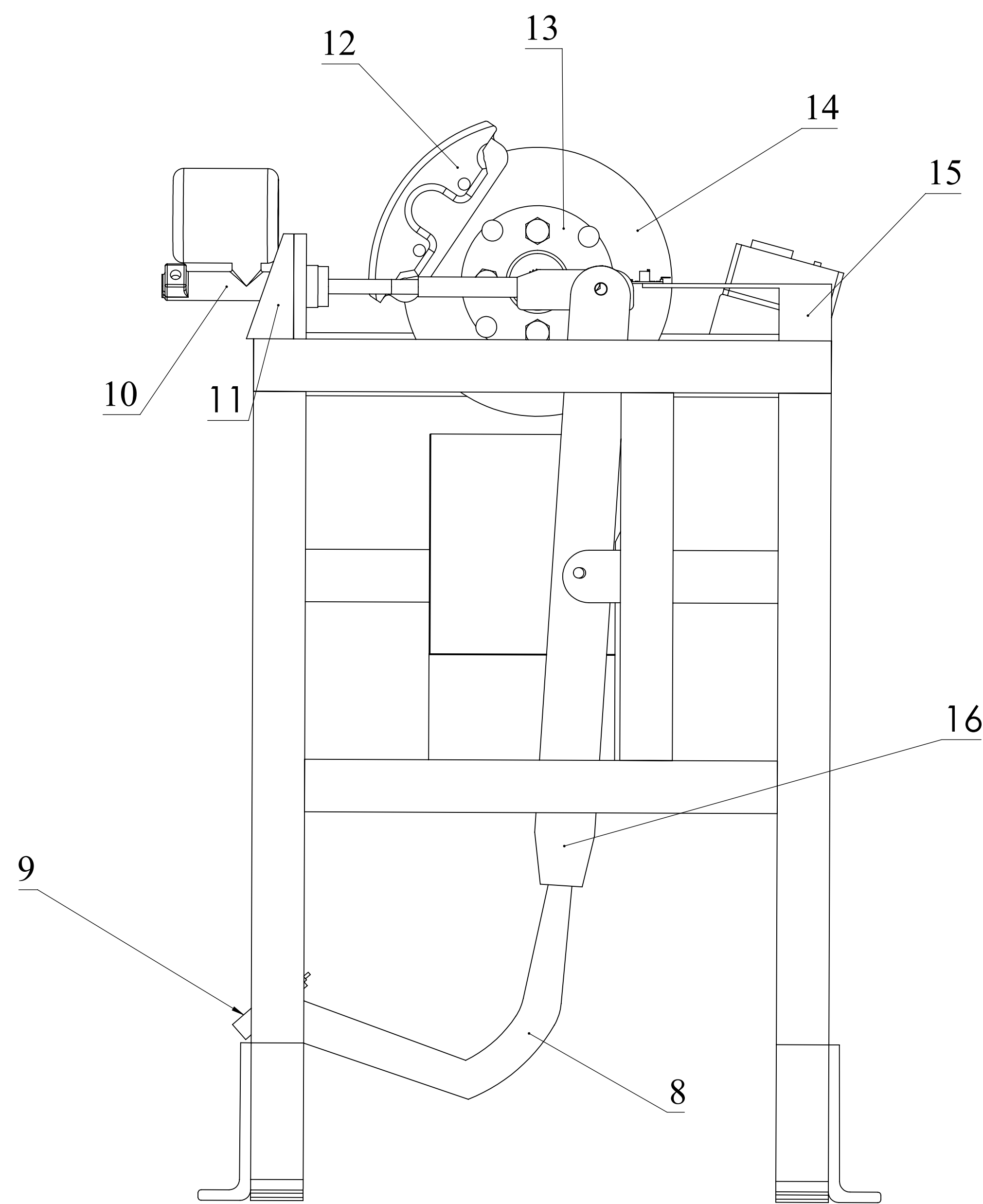
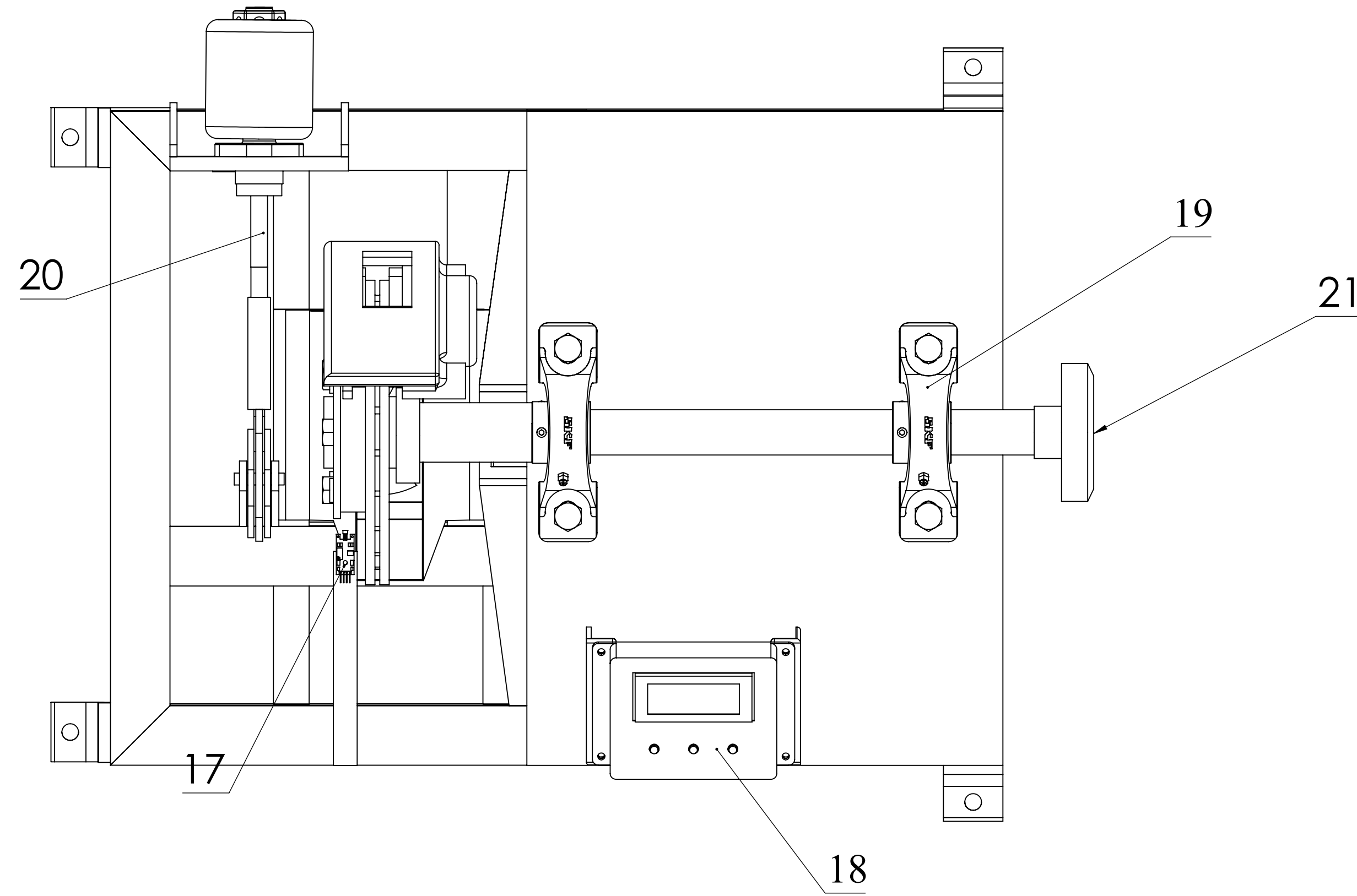
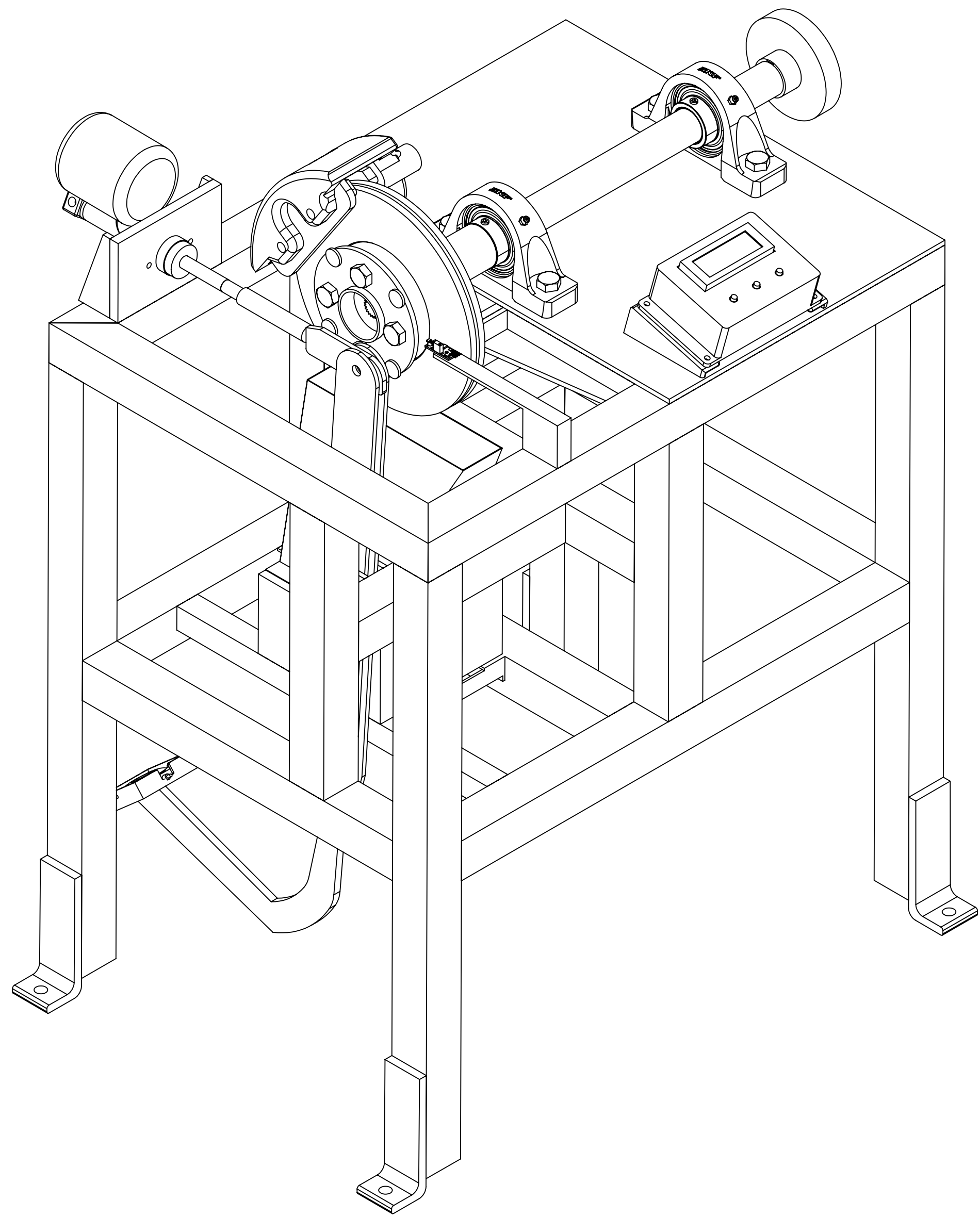
Coemangueras
MANGUERAS HIDRÁULICAS

<p>Debo y Pagaré a GARZÓN MONTENEGRO VICTOR HUGO o COEMANGUERAS, sin protesto y en forma incondicional e irrevocable los valores arriba detallados. En caso de mora se aplicarán los intereses autorizados por la Ley.</p>		<p>Sub Total \$</p> <p>Descuento \$</p> <p>Sub Total \$ 7.55</p> <p>I.V.A. % \$ 0.90</p> <p>TOTAL \$ 8.45</p>
<p>FORMA DE PAGO</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> EFECTIVO</p> <p><input type="checkbox"/> DINERO ELECTRÓNICO</p>	<p><input type="checkbox"/> TARJETA CRÉDITO / DÉBITO</p> <p><input type="checkbox"/> OTROS</p>	<p>FIRMA AUTORIZADA</p> <p>RECIBI CONFORME</p>

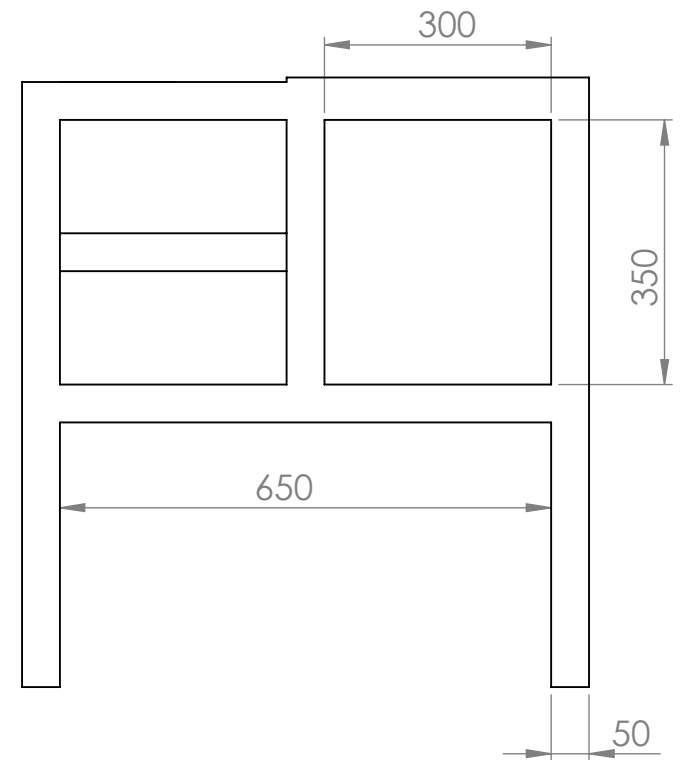
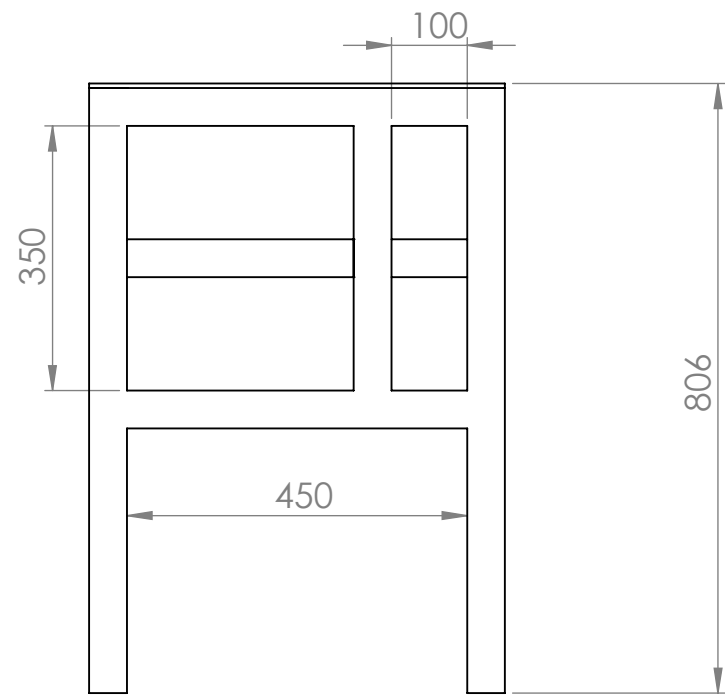
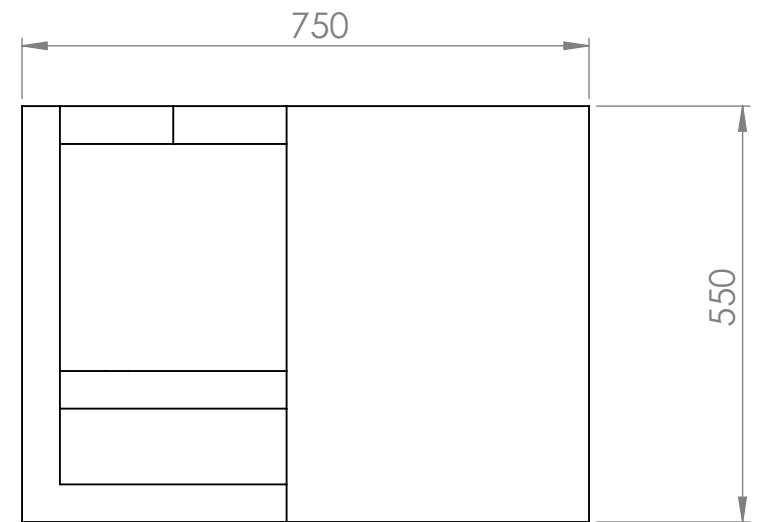
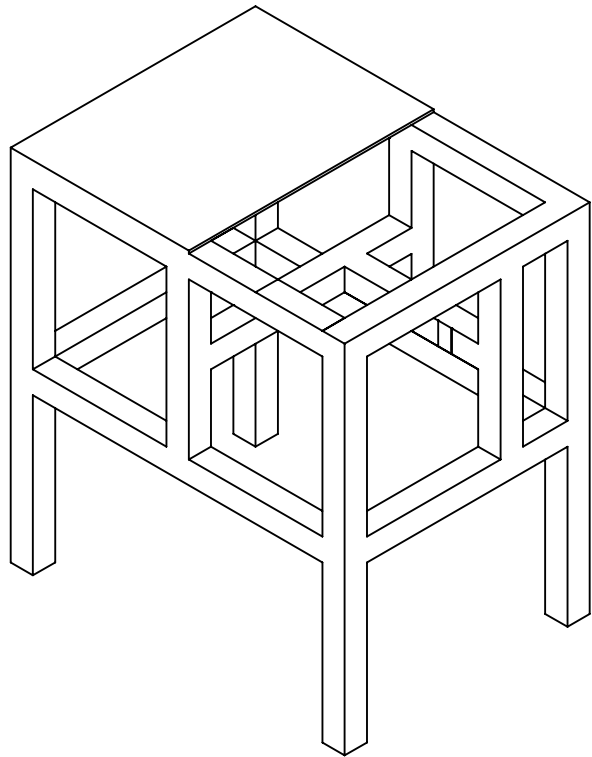
BONIFAZ BERRONES SONIA ELIZABETH, RUC: 0601870769001 AUT. SRI 1745 - FECHA DE AUTORIZACIÓN 18/02/2020 DEL 9701 AL 13700 - FECHA DE CADUCIDAD 18 DE FEBRERO DEL 2021 / ORIGINAL: CLIENTE - COPIA AMARILLA: EMISOR

ANEXO 13

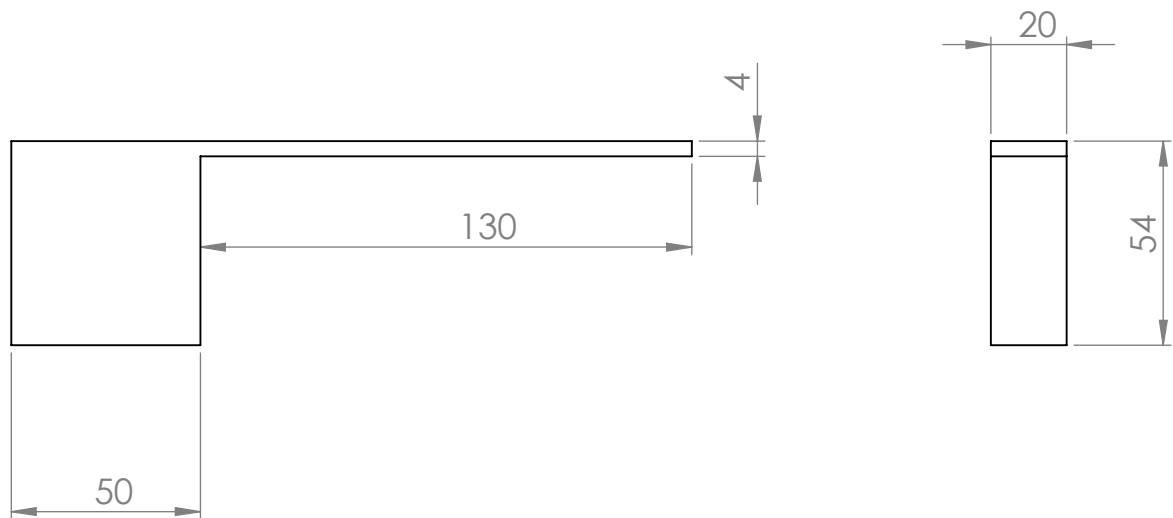
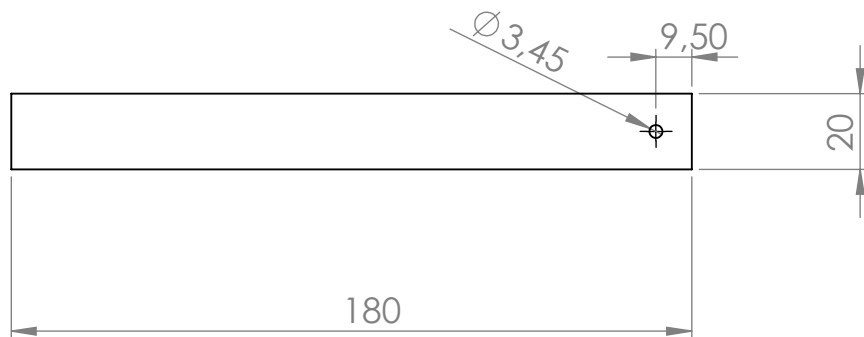
PLANOS



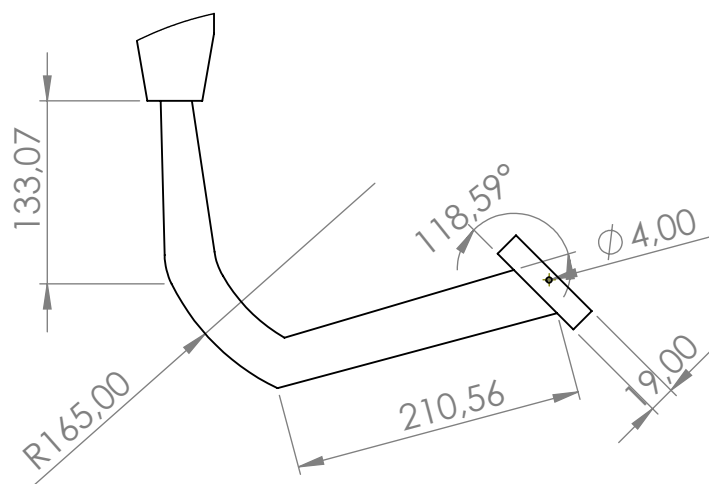
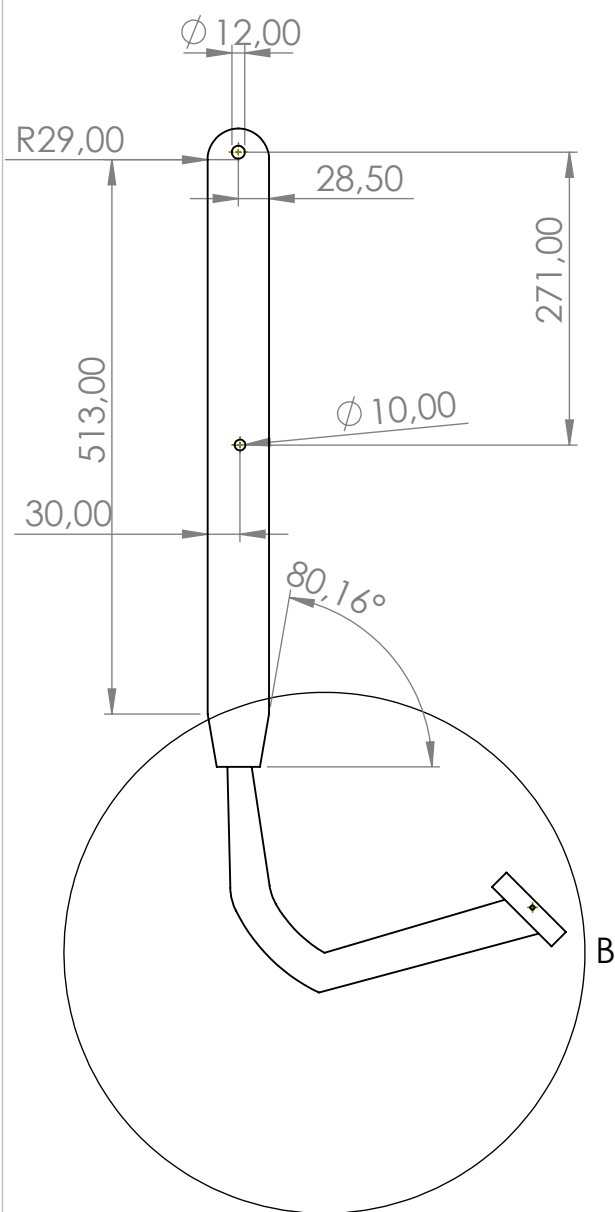
21	Chaveta de acople	1	01.0104.6243.14.00	Material de chaveta	ASTM A316
20	Bastago	1	01.0104.6243.13.00	Eje de transmisión	ASTM A1045
19	Chumacera	2		Hierro fundido	
18	Cajetin de display	1	01.0104.6243.12.00	Polipropileno	
17	Palanca articulación	1	01.0104.6243.11.00	Plancha laminada	ASTM A36
16	Sensor efecto hall	1			
15	Base sensor efecto hall	1	01.0104.6243.10.00	Acero estructural	ASTM A36
14	Disco de freno	1		Hierro fundido	
13	Disco con imanes	1	01.0104.6243.09.00	Plancha laminada	ASTM A36
12	Mordaza	1		Hierro fundido	
11	Base bomba de freno	1	01.0104.6243.08.00	Plancha laminada	ASTM A36
10	Bomba de freno	1		Hierro fundido	
9	Celda de carga	1			
8	Pedal	1	01.0104.6243.07.00	Plancha laminada	ASTM A36
7	Base cajetin	2	01.0104.6243.06.00	Ángulo estructural	ASTM A36
6	Placa de anclaje	4	01.0104.6243.05.00	Plancha laminada	ASTM A36
5	Estructura sistema	1	01.0104.6243.04.00	Tubo estructural	ASTM A36
4	Transición		01.0104.6243.03.00	Galvanizado	
3	Ventilador	1		Nylon	
2	Brida de acople	1	01.0104.6243.02.00		
1	Eje de transmisión	1	01.0104.6243.01.00	Eje de transmisión	ASTM A1045
Ubic.	Denominación	Cant.	Código	Material	Observación
Tratamiento Térmico:		N/A	Material:		Don. Bruto:
Recubrimiento:		Pintura	N/A		N/A
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA		U.P.S.	Diseño:	Christopher Colomo - Humberto Reyes	05-06-2020
			Dibajo:	Christopher Colomo - Humberto Reyes	16-06-2021
			Revisión:	Ing. Luis Anahang	23-06-2021
Descripción:		Escala:	Código:		Tel. Gral:
SISTEMA DE FRENO HIDRÁULICO		1:3.5	01.0104.6243.00		a1



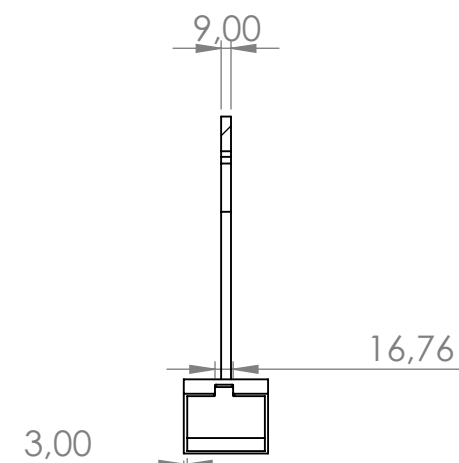
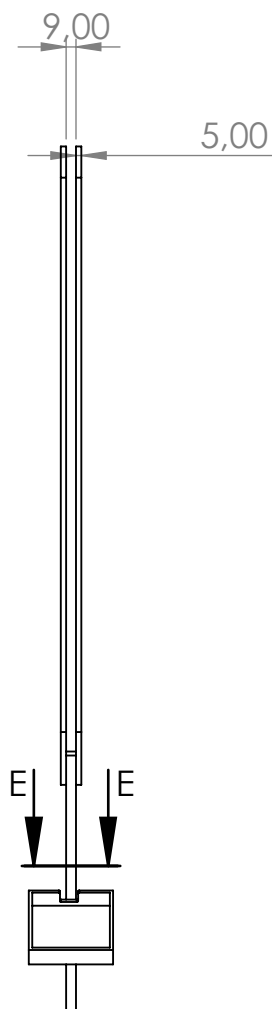
Tratamiento Térmico:		N/A		Material:		Dim. Brutas:	
Recubrimiento:		Pintura		ASTM- A36		50X50X2	
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA			U.P.S.	Diseño:	Christopher Coloma - Humberto Reyes		05-06-2020
				Dibujo:	Christopher Coloma - Humberto Reyes		16-04-2021
				Revisión:	Ing. Luis Andrango		23-06-2021
Descripción: MESA			Escala: 1:10	Código:	01.0104.6243.04.00		Tol.Gral: ±1



Tratamiento Térmico:		N/A		Material:		Dim. Brutas:		
Recubrimiento:		Pintura				ASTM-A36		20x6000x4
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA			U.P.S.	Diseño:	Christopher Coloma - Humberto Reyes			05-06-2020
				Dibujo:	Christopher Coloma - Humberto Reyes			16-04-2021
				Revisión:	Ing. Luis Andrango			23-06-2021
Descripción: BASE PARA SENSOR EFECTO HALL			Escala: 1:2	Código:	01.0104.6243.04.03			Tol.Gral: ±1

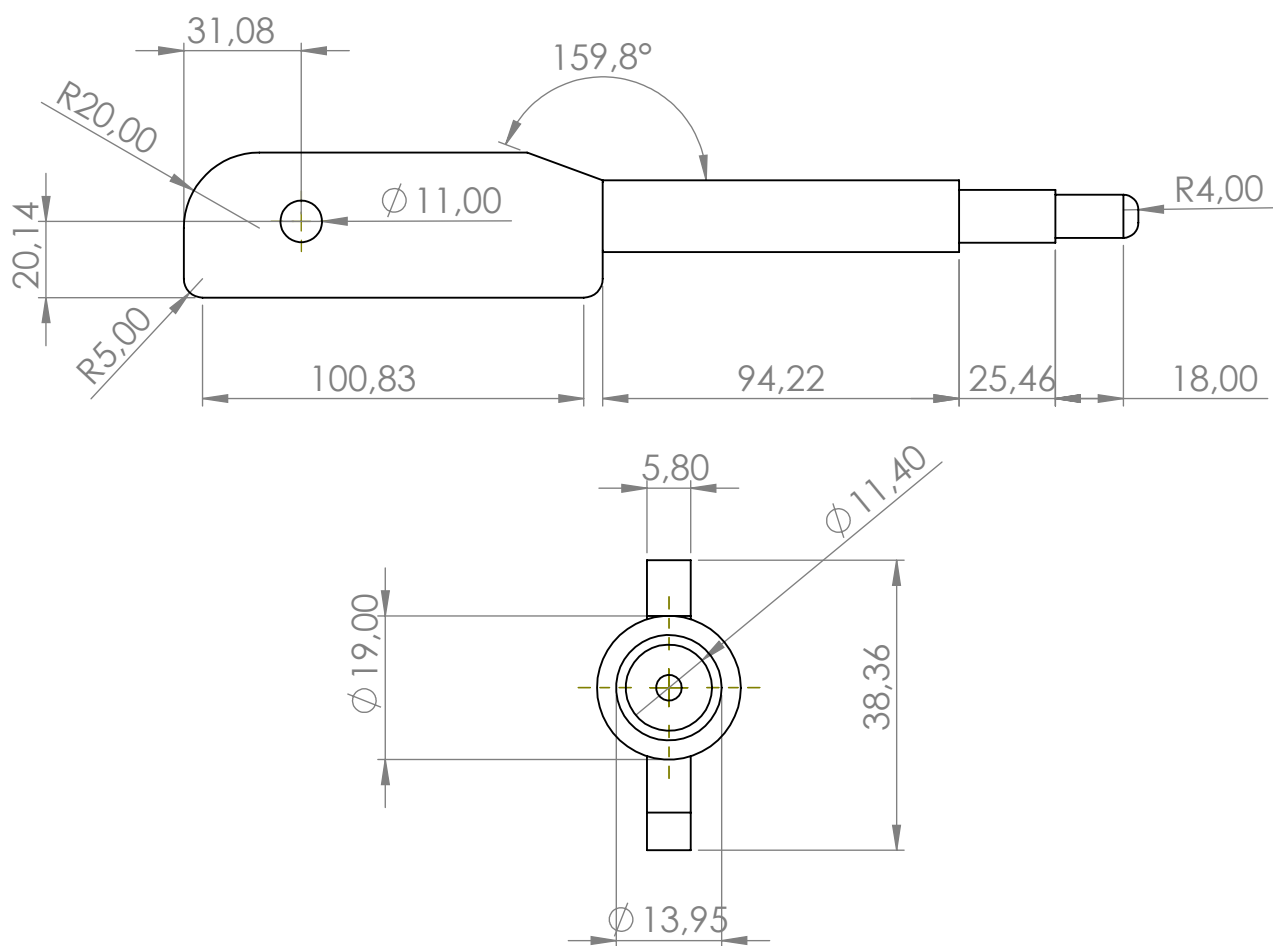
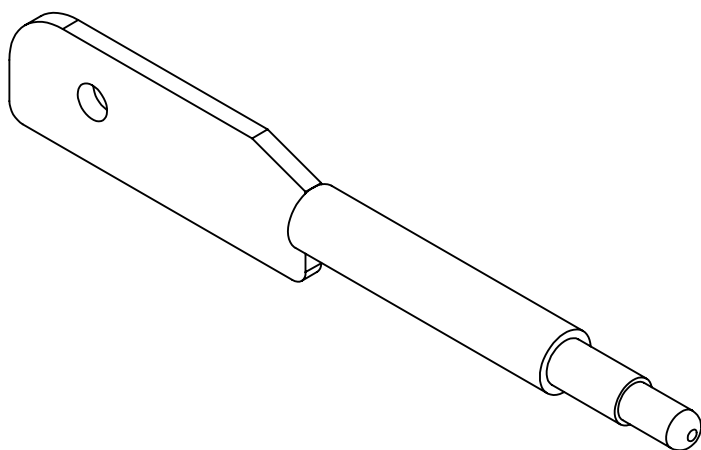


DETALLE B
ESCALA 2 : 11

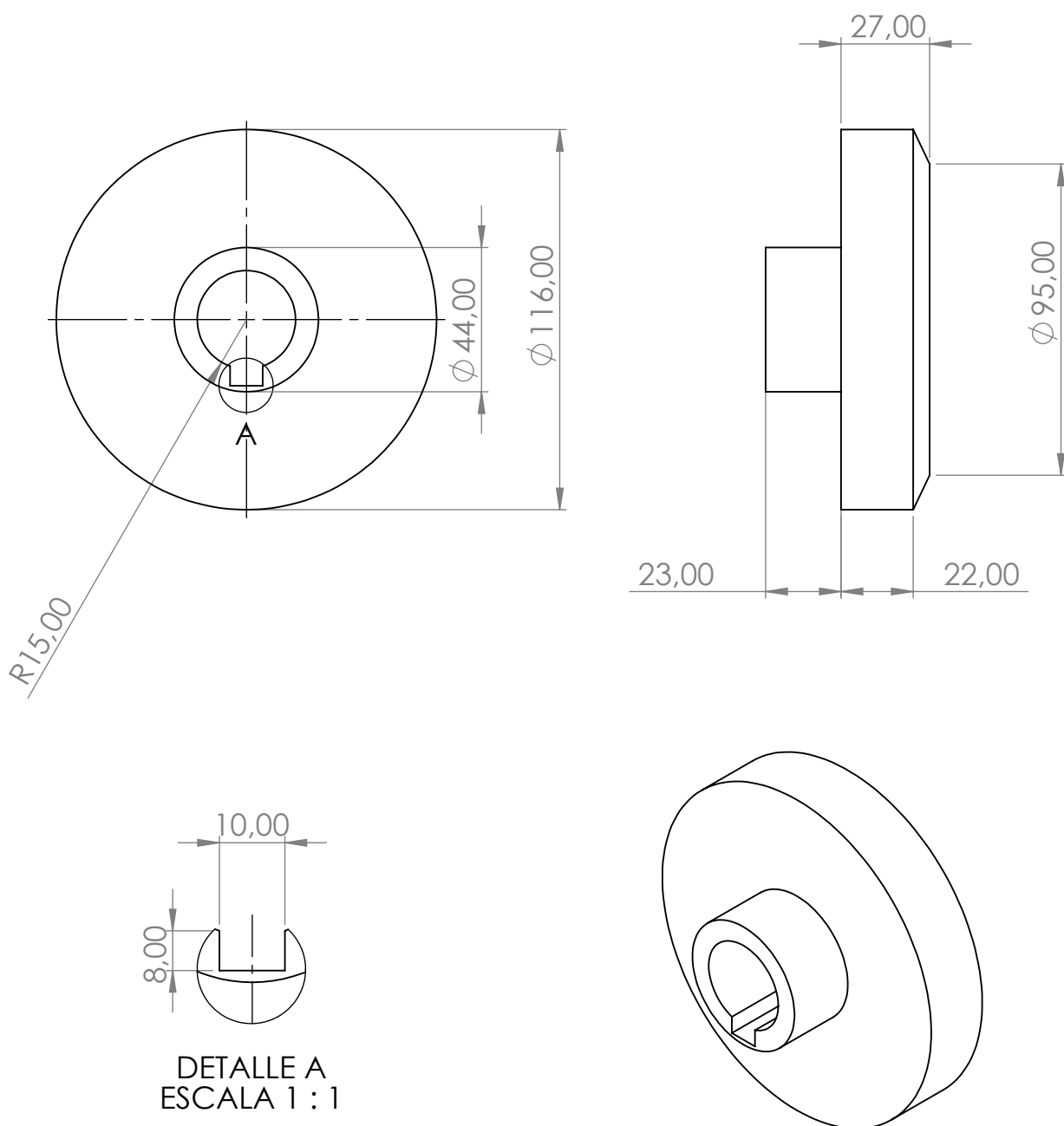


SECCIÓN E-E
ESCALA 1 : 7

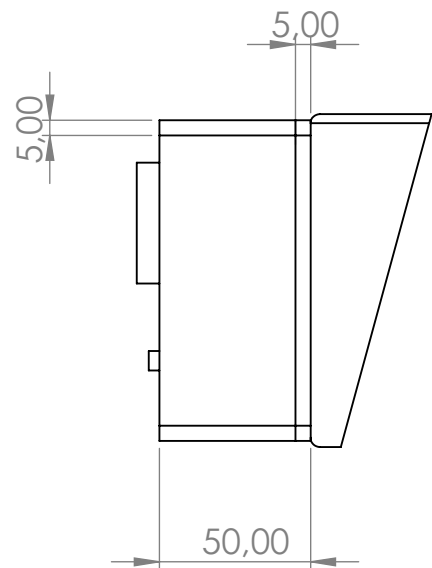
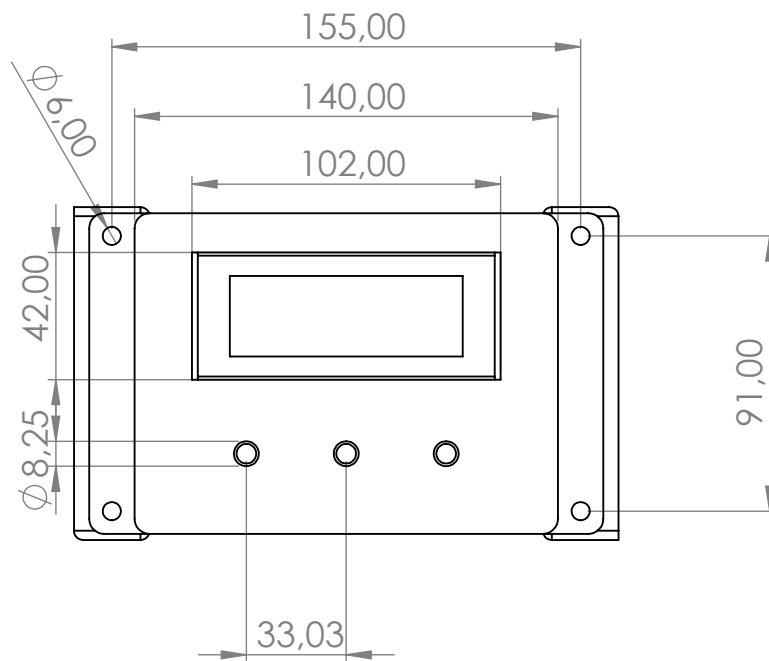
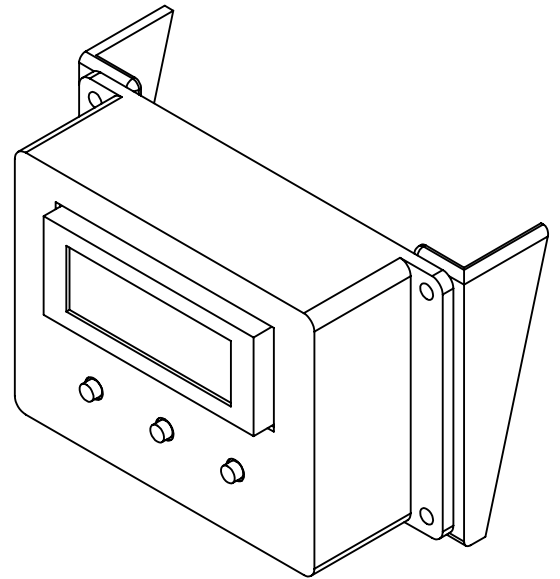
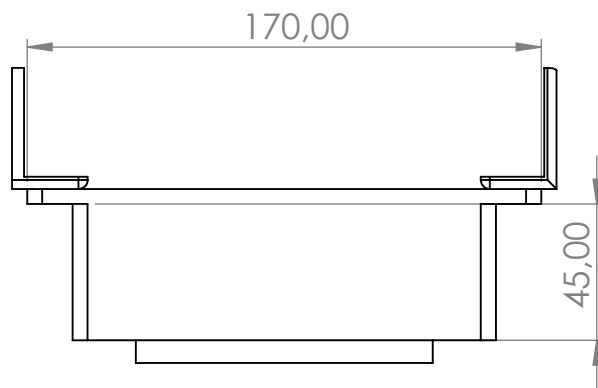
Tratamiento Térmico:	N/A	Material:	ASTM-A36	Dim. Brutas:	N/A
Recubrimiento:	Pintura				
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA U.P.S.		Diseño:	Christopher Coloma - Humberto Reyes	05-06-2020	
		Dibujo:	Christopher Coloma - Humberto Reyes	16-04-2021	
		Revisión:	Ing. Luis Andrango	23-06-2021	
Descripción:	Pedal de Freno	Escala:	1:7	Código:	01.0104.6243.07.00
					Tol.Gral: ±1



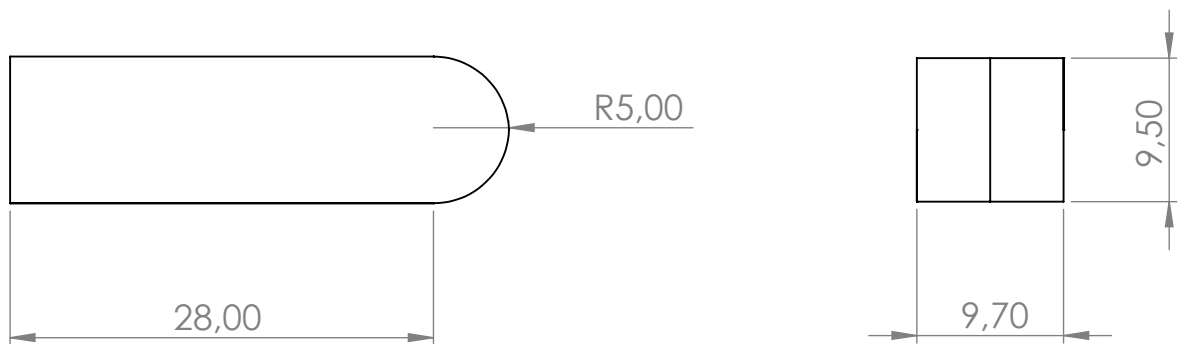
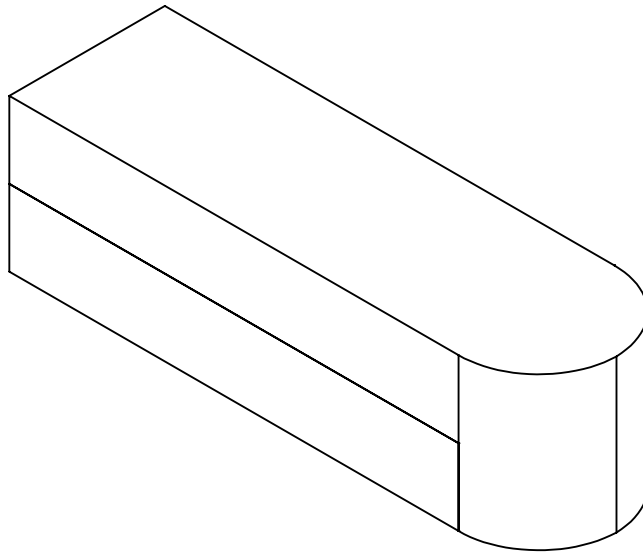
Tratamiento Térmico:	N/A	Material: AISI-1045		Dim. Brutas:		
Recubrimiento:	Pintura			N/A		
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA		U.P.S.	Diseño:	Christopher Coloma - Humberto Reyes		05-06-2020
			Dibujo:	Christopher Coloma - Humberto Reyes		16-04-2021
			Revisión:	Ing. Luis Andrango		23-06-2021
Descripción: Vástago de Bomba de Freno		Escala: 1:3	Código:	01.0104.6243.04.00		Tol.Gral: ±1



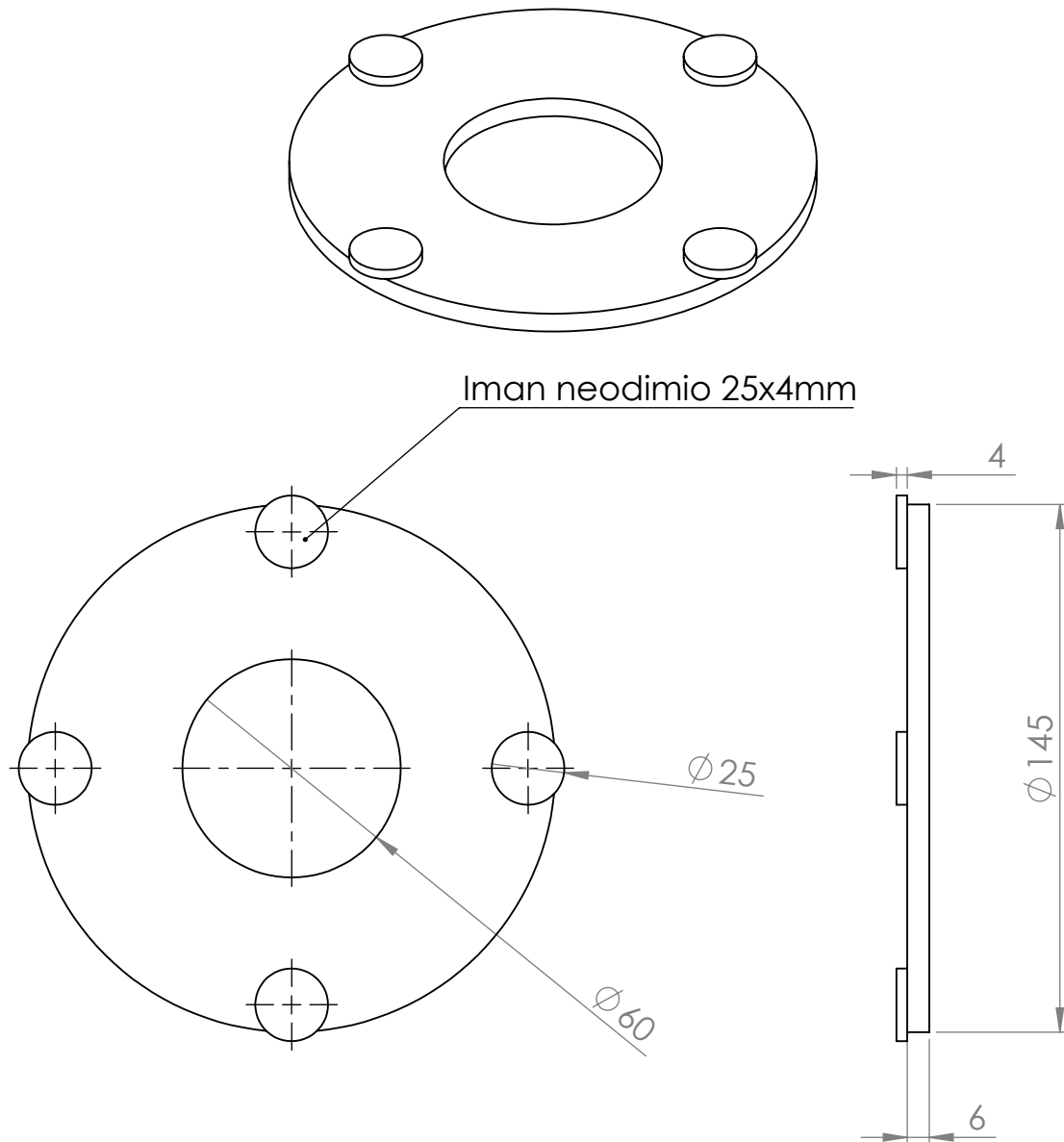
Tratamiento Térmico:	N/A	Material:		Dim. Brutas:		
Recubrimiento:	N/A					
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA		U.P.S.	Diseño:	Christopher Coloma - Humberto Reyes		05-06-2020
			Dibujo:	Christopher Coloma - Humberto Reyes		16-04-2021
			Revisión:	Ing. Luis Andrango		23-06-2021
			Descripción:		Escala:	Tol.Gral:
BRIDA DE ACOPLE		1:2	Código:	01.0104.6243.11.00		±1



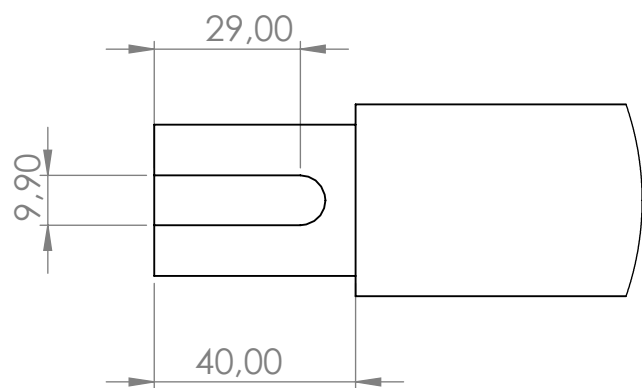
Tratamiento Térmico:		N/A		Material:		Dim. Brutas:		
Recubrimiento:		Pintura				Polipropileno		N/A
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA			U.P.S.		Diseño:	Christopher Coloma - Humberto Reyes		05-06-2020
					Dibujo:	Christopher Coloma - Humberto Reyes		16-04-2021
					Revisión:	Ing. Luis Andrango		23-06-2021
Descripción:			Escala:		Código:	01.0104.6243.02.00		Tol.Gral:
CAJETÍN			1:2.5					



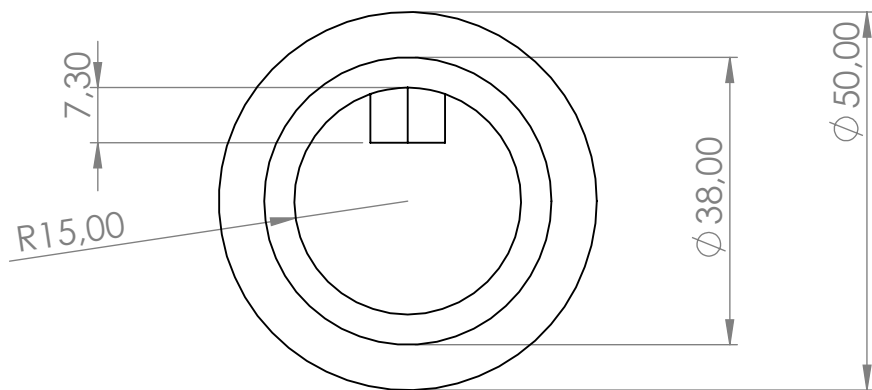
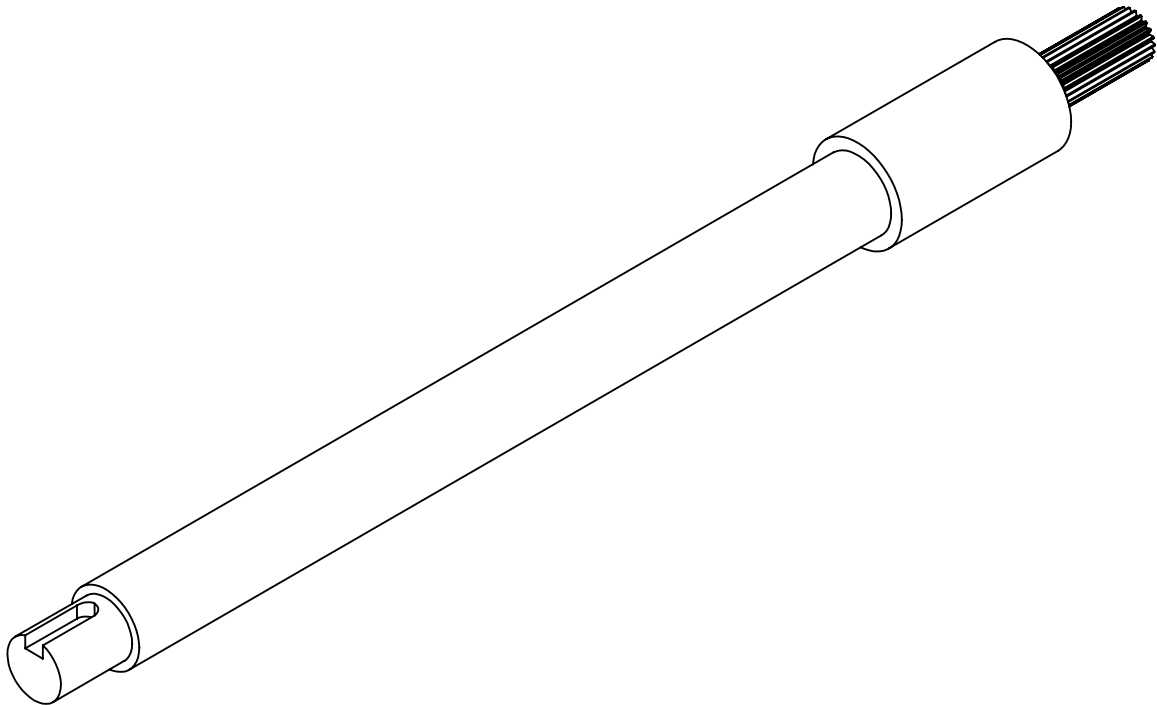
Tratamiento Térmico:		N/A		Material: AISI-3116		Dim. Brutas:	
Recubrimiento:		N/A				N/A	
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA			U.P.S.	Diseño:	Christopher Coloma - Humberto Reyes		05-06-2020
				Dibujo:	Christopher Coloma - Humberto Reyes		16-04-2021
				Revisión:	Ing. Luis Andrango		23-06-2021
Descripción: Chaveta de Acople Motor			Escala: 3:1	Código:	01.0104.6243.08.00		Tol.Gral: ±1



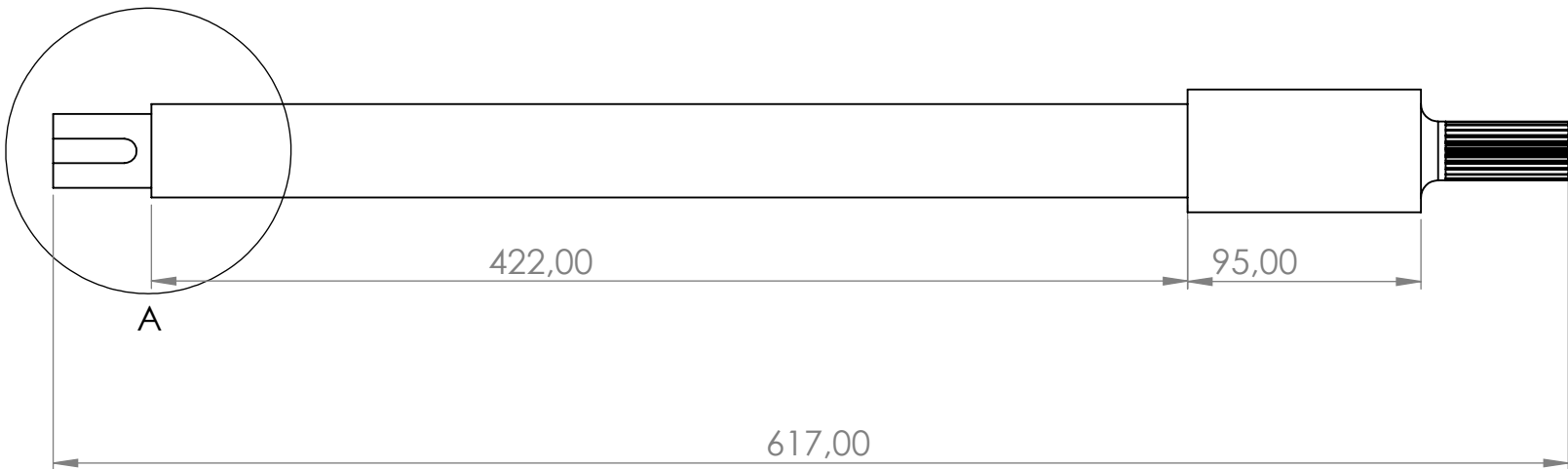
Tratamiento Térmico:	N/A	Material:		Dim. Brutas:	
Recubrimiento:	Pintura	ASTM-A36		1220x2440x6	
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA U.P.S.		Diseño:	Christopher Coloma - Humberto Reyes	05-06-2020	
		Dibujo:	Christopher Coloma - Humberto Reyes	16-04-2021	
		Revisión:	Ing. Luis Andrango	23-06-2021	
Descripción:	DISCO DE IMANES	Escala:	1:2	Código:	01.0104.6243.09.00
				Tol.Gral:	±1



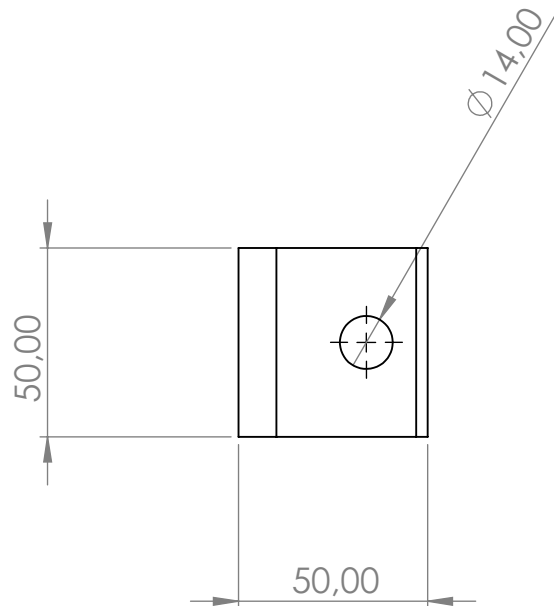
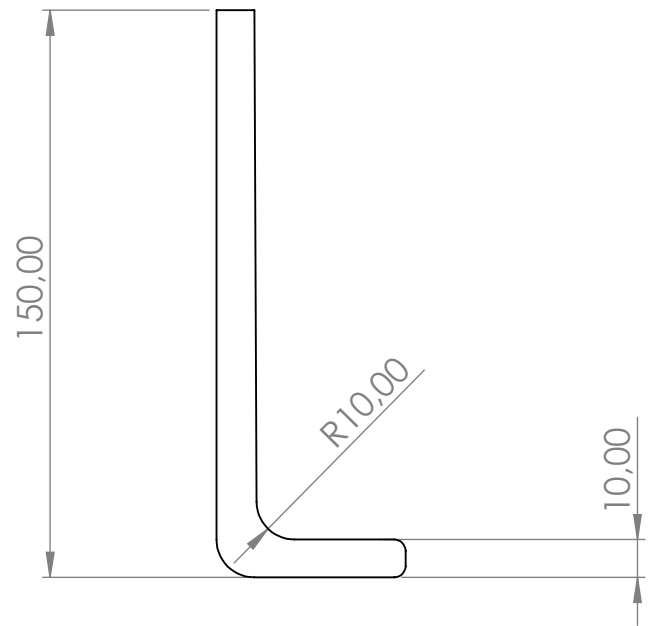
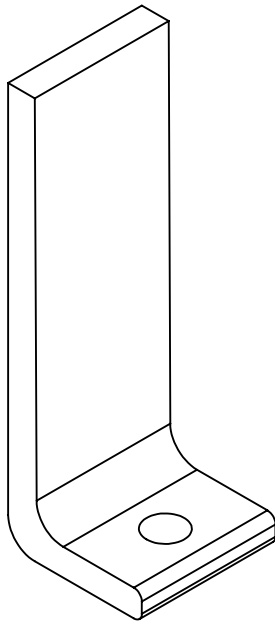
DETALLE A
ESCALA 2 : 3



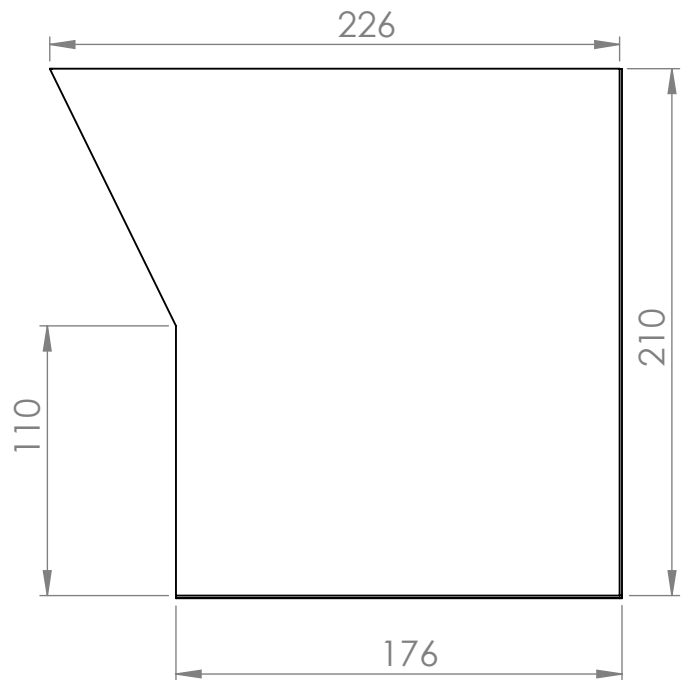
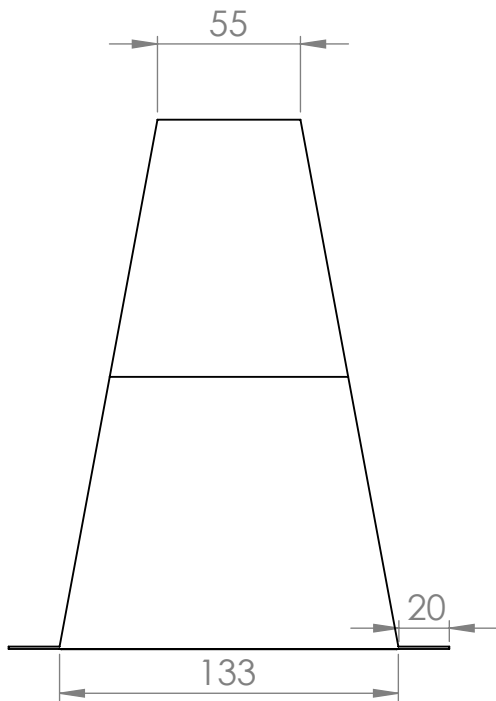
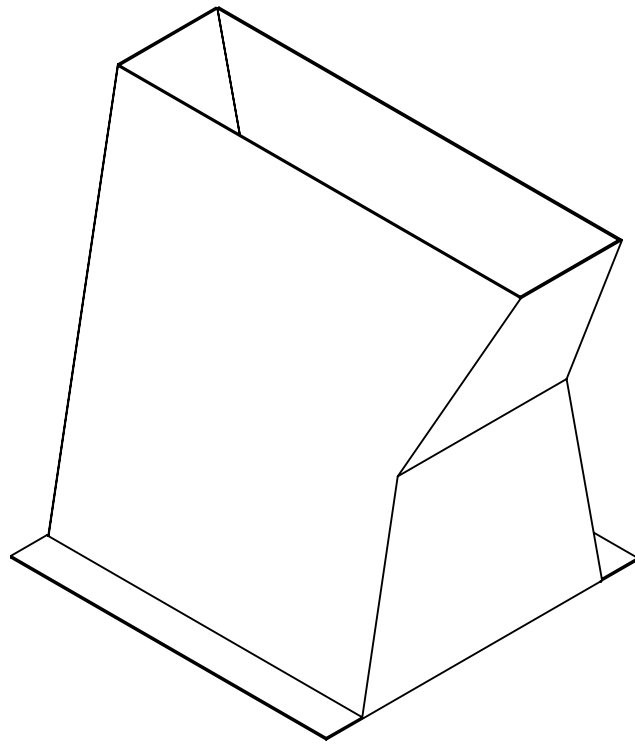
Escala 1:1



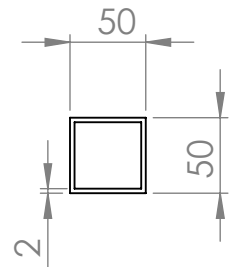
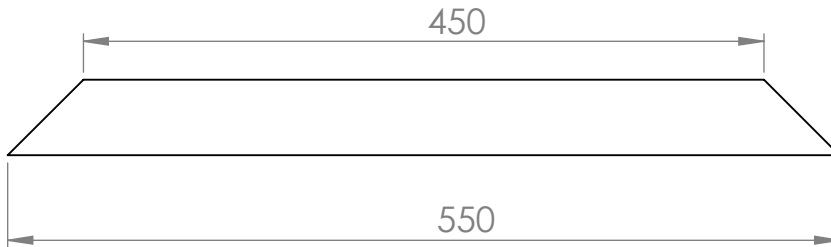
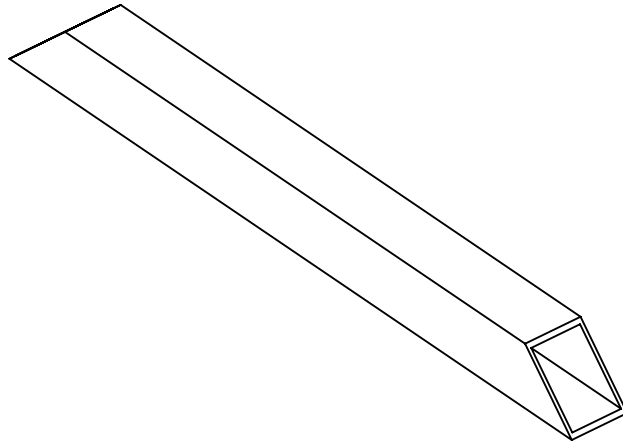
Tratamiento Térmico:	N/A	Material:	AISI-1020	Dim. Brutas:	50 x7 00
Recubrimiento:	Pintura				
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA	U.P.S.	Diseño:	Christopher Coloma - Humberto Reyes		05-06-2020
		Dibujo:	Christopher Coloma - Humberto Reyes		16-04-2021
		Revisión:	Ing. Luis Andrango		23-06-2021
Descripción:	Eje de Transmisión	Escala:	1:3	Código:	01.0104.6243.01.00
				Tol.Gral:	±1



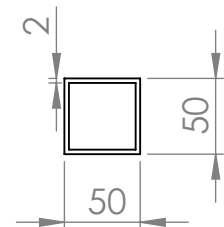
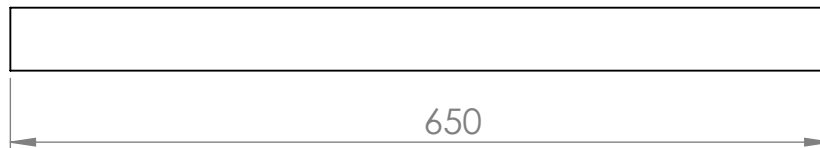
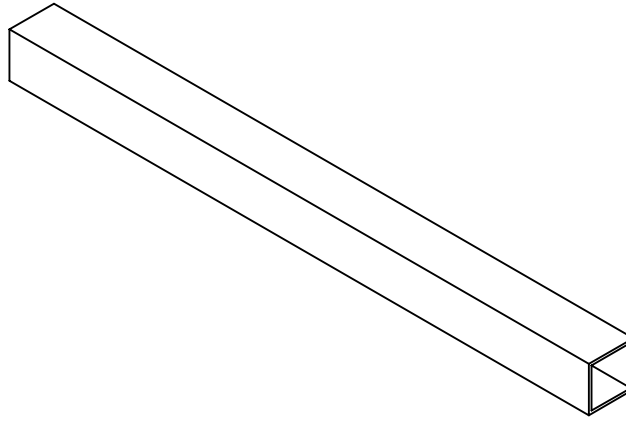
Tratamiento Térmico:		N/A		Material:		Dim. Brutas:	
Recubrimiento:		Pintura		N/A		N/A	
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA			U.P.S.		Diseño:	Christopher Coloma - Humberto Reyes	01-02-2020
					Dibujo:	Christopher Coloma - Humberto Reyes	01-02-2020
					Revisión:	Ing. Luis Andrango	23-06-2021
Descripción:			Escala:		Código:		Tol.Gral:
Placa de anclaje			1:2		01.0104.6243.06.00		±1



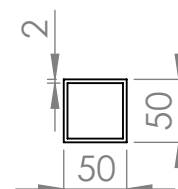
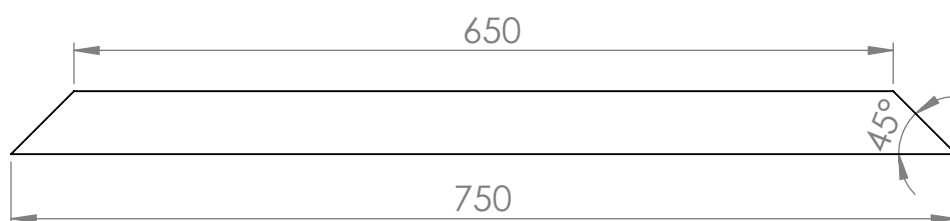
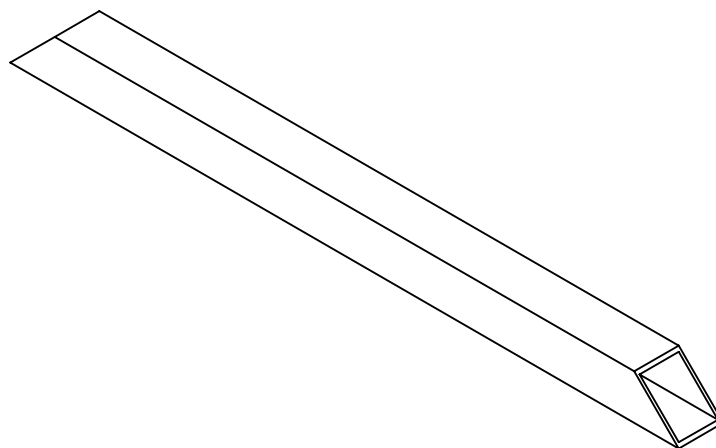
Tratamiento Térmico:		N/A		Material: ACERO GALVANIZADO		Dim. Brutas:	
Recubrimiento:		Pintura				1220x2440	
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA			U.P.S.	Diseño:	Christopher Coloma - Humberto Reyes		05-06-2020
				Dibujo:	Christopher Coloma - Humberto Reyes		16-04-2021
				Revisión:	Ing. Luis Andrango		23-06-2021
Descripción: TRANSICIÓN			Escala: 1:3	Código:	01.0104.6243.03.00		Tol.Gral: ±1



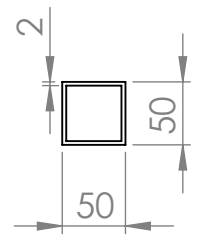
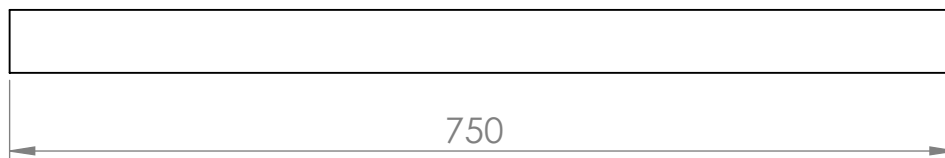
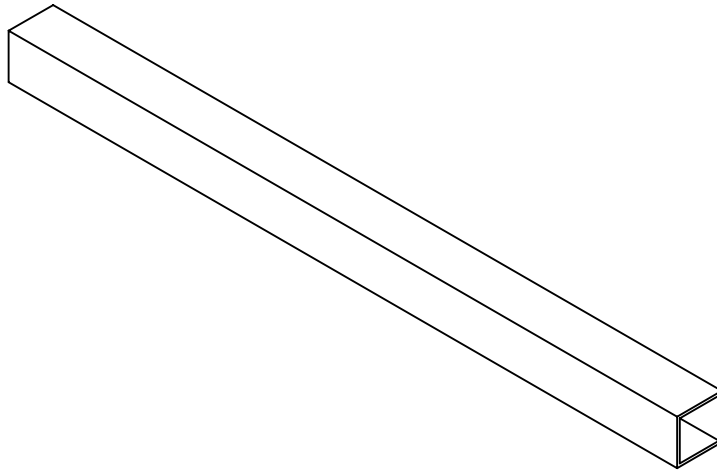
Tratamiento Térmico:		N/A		Material:		Dim. Brutas:		50X50X2X6000							
Recubrimiento:		Pintura													
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA				U.P.S.						Diseño:		Christopher Coloma - Humberto Reyes		05-06-2020	
										Dibujo:		Christopher Coloma - Humberto Reyes		16-04-2021	
										Revisión:		Ing. Luis Andrango		23-06-2021	
Descripción:				Escala:				Código:		01.0104.6243.04.04		Tol.Gral:			
TUBO 550				1:5											



Tratamiento Térmico:		N/A		Material:		Dim. Brutas:					
Recubrimiento:		Pintura									
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA				U.P.S.		ASTM- A36		50X50X2X6000			
						Diseño:	Christopher Coloma - Humberto Reyes			05-06-2020	
						Dibujo:	Christopher Coloma - Humberto Reyes			16-04-2021	
						Revisión:	Ing. Luis Andrango			23-06-2021	
Descripción:				Escala:		Código:		Tol.Gral:			
TUBO 650				1:3		01.0104.6243.04.03		±1			



Tratamiento Térmico:	N/A	Material: ASTM- A36		Dim. Brutas: 50X50X2X6000		
Recubrimiento:	Pintura					
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA		U.P.S.	Diseño:	Christopher Coloma - Humberto Reyes		05-06-2020
			Dibujo:	Christopher Coloma - Humberto Reyes		16-04-2021
			Revisión:	Ing. Luis Andrango		23-06-2021
Descripción: TUBO 750		Escala: 1:6	Código:	01.0104.6243.04.01		Tol.Gral: ±1



Tratamiento Térmico:		N/A		Material:		Dim. Brutas:	
Recubrimiento:		Pintura		ASTM- A36		50X50X2X6000	
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA			U.P.S.	Diseño:	Christopher Coloma - Humberto Reyes		05-06-2020
				Dibujo:	Christopher Coloma - Humberto Reyes		16-04-2021
				Revisión:	Ing. Luis Andrango		23-06-2021
Descripción:			Escala:	Código:			Tol.Gral:
TUBO 750 PATA			1:6	01.0104.6243.04.02			±1